

1. 표지

3cm	18RTR P-B10 4237-0 4	4cm	Development of BIM-based Standard Management Technology for Railway Infrastructure		보안 과제(), 일반 과제(○) / 공개(○), 비공개() 철도기술연구사업 사업 제4차 연도 최종 보고서
	BIM기반의 철도인프라 관리 표준기술 개발 최종보고서		R&D / 18RTRP-B104237-04		BIM기반의 철도인프라 관리 표준기술 개발 최종보고서
3cm			R&D Report		2019. 03.27.
	2018 국토교통과학기술진흥원		R&D Report		주관연구기관 / 한국철도기술연구원 공동연구기관 / 한국철도시설공단 공동연구기관 / 인천대학교 협동연구기관 / 연세대학교 공동연구기관 / (주)지쓰리씨 공동연구기관 / (주)이엔지소프트 공동연구기관 / 한국건설기술연구원 공동연구기관 / (주)서영엔지니어링 협동연구기관 / 경상대학교 공동연구기관 / (주)지오엔티 공동연구기관 / (주)두울테크 공동연구기관 / GS건설(주) 공동연구기관 / 서울시립대학교 공동연구기관 / (주)동성엔지니어링 위탁연구기관 / 연세대학교 위탁연구기관 / (주)평화엔지니어링 참여기관 / (주)대창이엔지
	국토교통부		R&D Report		국 토 교 통 부 국토교통과학기술진흥원

2. 제출문

제 출 문

국토교통과학기술진흥원장 귀하

‘BIM기반의 철도인프라 관리 표준기술 개발’ (연구개발 기간 : 2010.10. ~ 2018.12.) 과제의 최종보고서 1부를 제출합니다.

2019. 03. 27.

주관연구기관명 : 한국철도기술연구원
협동연구기관명 : 연세대학교 산학협력단
협동연구기관명 : 경상대학교 산학협력단

주관연구기관책임자: 신민호 연구단장
협동연구기관책임자: 이상호 교수
협동연구기관책임자: 강인석 교수

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제38조에 따라 최종보고서 열람에
동의합니다.

3. 보고서 요약서

보고서 요약서

과제 고유 번호	18RTRP-B10423 7-04	해당 단계 연구 기간	'18.01.01.- '18.12.31	단계구분	(4)/(4)
연구사업명	중사업명	철도기술연구사업			
	세부사업명				
연구과제명	대과제명	BIM기반의 철도인프라 관리 표준기술 개발			
	세부과제명	1세부 : BIM기반의 철도인프라 관리 체계 구축 2세부 : 철도인프라 정보모델링 기술개발 3세부 : 다차원 객체기반 철도인프라 시공관리 기술 개발			
연구책임자	신민호	해당단계 참여 연구원 수	총: 125 명 내부: 명 외부: 명	해당단계 연구개발비	정부: 2,499,000천원 기업: 563,157천원 계: 3,062,157천원
		총 연구기간 참여 연구원 수	총: 430 명 내부: 명 외부: 명	총 연구개발비	정부: 8,429,000천원 기업: 1,856,824천원 계: 10,285,824천원
연구기관명 및 소속 부서명	한국철도기술연구원, 한국철도시설공단, 인천대학교, 연세대학교, (주)지쓰리씨, (주)이엔지소프트, 한국건설기술연구원, (주)서영엔지니어링, 경상대학교, (주)지오엔티, GS건설(주), 서울시립대학교, (주)동성엔지니어링, 연세대학교			참여기업명 : (주)대창이엔지	
국제공동연구	상대국명: 해당없음			상대국 연구기관명: 해당없음	
위탁연구	연구기관명: 연세대학교 연구기관명: (주)평화엔지니어링			연구책임자: 이강 교수 연구책임자: 김상태 연구위원	

■ 1세부 : BIM 기반의 철도인프라 관리 체계 구축

- BIM기반 철도인프라 정보 통합 운영·관리 체계 구축
- BIM기반 프로젝트 실무 수행 가이드 구축
- BIM기반 사업발주 및 확산을 위한 정책, 지침 제·개정(안) 도출
- BIM기반 관리체계 도입에 따른 경제·사회적 비용분석

■ 2세부 : 철도인프라 정보모델링 기술 개발

- 철도인프라 데이터 스키마 개발
- 철도인프라 정보모델링 지원을 위한 표준프레임워크(소프트웨어 구성을 위한 표준 환경) 구축
- 철도인프라 3차원 라이브러리 개발
- 철도인프라 정보모델 생성기술 개발

■ 3세부 : 다차원 객체기반 철도인프라 시공관리 기술 개발

- 철도인프라 사업관리 공정 관리 기술 개발
- 철도인프라 사업관리 표준 프레임워크 개발
- 철도인프라 사업관리를 위한 BIM 기반의 의사결정 지원 기술 개발
- 철도인프라 BIM 기반 사업관리 운영체계 Test Bed
- 철도시설 공정별 공사기간 예측 알고리즘 및 전산 프로그램 개발
- 철도인프라 시공현장 영상정보 연동 기술 개발
- BIM 기반 설계변경에 따른 공사비 추정 알고리즘 및 설계변경 기능 개발

보고서 면수 : 149page

2. 제출문

제 출 문

국토교통과학기술진흥원장 귀하

‘BIM기반의 철도인프라 관리 표준기술 개발’ (연구개발 기간 : 2010.10. ~ 2018.12.) 과제
최종보고서 1부를 제출합니다.

2019. 03. 27.

주관연구기관명 : 한국철도기술연구원
공동연구기관명 : 연세대학교 산학협력단
공동연구기관명 : 경상대학교 산학협력단
위탁연구기관명 : 연세대학교 산학협력단

주관연구기관책임자: 신민호 연구단장
공동연구기관책임자: 박상구 차장
공동연구기관책임자: 김환용 교수
위탁연구기관책임자: 이 강 교수

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제38조에 따라 최종보고서 열람에
동의합니다.

3. 보고서 요약서

보고서 요약서

과제 고유 번호	18RTRP-B1042 37-04	해당 단계 연구 기간	'18.01.01.- '18.12.31	단계구분	(4)/(4)
연구사업명	중사업명	철도기술연구사업			
	세부사업명				
연구과제명	대과제명	BIM기반의 철도인프라 관리 표준기술 개발			
	세부과제명	BIM기반의 철도인프라 관리 체계 구축			
연구책임자	신민호	해당단계 참여 연구원 수	총: 32 명 내부: 명 외부: 명	해당 단계 연구개발비	정부: 821,000천원 기업: 0천원 계: 821,000천원
		총 연구기간 참여 연구원 수	총: 128 명 내부: 명 외부: 명	총 연구개발비	정부: 2,848,000천원 기업: 0천원 계: 2,848,000천원
연구기관명 및 소속 부서명	한국철도기술연구원, 한국철도시설공단, 인천대학교, 연세대학교				
국제공동연구	상대국명: 해당없음		상대국 연구기관명: 해당없음		
위탁연구	연구기관명: 연세대학교		연구책임자: 이강 교수		
<p>■ 1세부 : BIM 기반의 철도인프라 관리 체계 구축</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ BIM기반 철도인프라 정보 통합 운영·관리 체계 구축 ◦ BIM기반 프로젝트 실무 수행 가이드 구축 ◦ BIM기반 사업발주 및 확산을 위한 정책, 지침 제·개정 (안) 도출 ◦ BIM기반 관리체계 도입에 따른 경제·사회적 비용분석 				보고서 면수 : 39 페이지	

4. 국문 요약문

<p>연구의 목적 및 내용</p>	<p>본 연구과제의 목표는 BIM기반 철도인프라 관리를 위한 표준기술을 수립하는 것으로, 최종연구개발 목표 성과물은 철도 프로젝트를 BIM으로 발주, 설계, 시공관리가 가능하도록 프로젝트 실무 수행 가이드라인 수립, 정보 통합 운영/관리 체계 구축, 정보모델링 기술 개발, 공정 관리 시스템을 개발 등을 도출하며, 이를 위해 관련된 소프트웨어 개발, 지침 및 정책 수립, 가이드라인 구축 등을 포함하는 철도인프라에 특화된 표준기술 체계를 구축하는 것임.</p> <p>■ 1세부 : BIM 기반의 철도인프라 관리 체계 구축</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ BIM기반 철도인프라 정보 통합 운영·관리 체계 구축 ◦ BIM기반 프로젝트 실무 수행 가이드 구축 ◦ BIM기반 사업발주 및 확산을 위한 정책, 지침 제·개정(안) 도출 ◦ BIM기반 관리체계 도입에 따른 경제·사회적 비용분석 				
<p>연구개발성과</p>	<p>본 연구를 통해 도출될 핵심 연구 성과는 BIM기반 발주처용 사업관리 시스템, BIM발주 실무 수행 가이드라인 등의 핵심 연구 성과를 도출하고자 함.</p>				
<p>연구개발성과의 활용계획 (기대효과)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 철도인프라 BIM 도입으로 입찰부터 시공까지 참여자간의 정확하고 효율적인 정보의 생성 및 공유를 통해 설계·시공 관련 엔지니어링 체질 개선 및 생산성 향상으로 사회적인 비용의 감소. ◦ 철도인프라 분야의 BIM 도입 및 확산 정책을 통해 국내의 고급 BIM 기술 인력의 양성이 가능하며, 새로운 기술도입에 따른 고기능 일자리 창출과 새로운 비즈니스 모델 생성, 국외의 BIM 사업분야 진출 등의 BIM기반 철도건설산업 생태계 구성으로 신규 일자리 창출 및 기술선진화 기여가능. ◦ 생애주기 개념의 정보 통합 운영·관리 체계 구축을 통해서 설계 및 시공 단계별 정보의 생성 및 관리의 일관성이 보장되며, 정보 및 산출물의 손실 최소화, 참여자의 재작업을 방지, 설계 정보의 품질향상, 시공단계 설계변경 최소화, 의사소통 향상, 불필요한 반복 작업 방지 등을 통한 건설비용 절감 및 생산성 향상. ◦ 국외의 철도인프라 발주시 BIM 기반 프로젝트가 의무화되고 있는 추세이며, 철도차량 중심의 기술력 향상에 더불어 철도인프라 건설 관련 기술력 확보를 통하여 해외 철도시장 수주에서의 경쟁력 확보. ◦ 철도 프로젝트 특성 상 BIM 모델링 시 공종별 다양한 소프트웨어의 사용이 요구되며, 개방형 국제표준기반의 BIM 모델 개발을 통하여 동일한 데이터 포맷의 일관되고 효율적인 관리·운영이 가능하며, 특정 소프트웨어 종속 탈피 가능. ◦ 시공단계 BIM 시스템의 포함으로 철도인프라 생애주기 BIM운영체계 완성 효과를 갖게 됨 				
<p>핵심어 (5개 이내)</p>	<p>철도인프라</p>	<p>BIM기반 사업관리</p>	<p>발주가이드라인</p>	<p>철도BIM로드맵</p>	<p>편익분석</p>

5. 영문 요약문

< SUMMARY >

<p>Purpose & Contents</p>	<p>The final goal of this research project is to establish the standard of BIM-based management technology for railway Infrastructure. The final products of this project are BIM delivery guideline, BIM-based project management system and information modeling technology, etc. In order to success this project, softwares, guidelines and policies will be developed considering the feature of railway infrastructure.</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Project 1 : Establishment of BIM-based project management system <ul style="list-style-type: none"> ◦ Establishment of BIM-based integrated information management system for railway infrastructure ◦ Establishment of BIM-based delivery guideline ◦ Deduction of policy for BIM spreading and BIM-based project delivery ◦ Analysis of economical and social benefit due to introduction of BIM 				
<p>Results</p>	<p>The core research results are one BIM-based project management system, BIM-based delivery guideline and there are core research results.</p>				
<p>Expected Contribution</p>	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Reduction of social costs due to improvement of engineering productivity and effective exchange of information between stakeholder as introduction of BIM to railway infrastructure ◦ Education BIM specialized expert, making new jobs and new business model, support to find a high speed railway market abroad, as introduction of BIM to railway infrastructure ◦ Preservation of information consistency, preventing information loss, reducing rework, advancing design quality, minimizing design change in construction stage, advancing communication ◦ Security of competitive power as receiving order, because recent abroad railway ordering organization obligate BIM-based delivery ◦ Effective information management during life cycle using international standard open format 				
<p>Keywords</p>	<p>Railway Infrastructure</p>	<p>BIM-based Construction management</p>	<p>Delivery Guideline</p>	<p>Railway BIM Roadmap</p>	<p>cost-benefit analysis</p>

6. 본문 목차

< 목 차 >

- 1. 연구개발과제의 개요1
 - 1. 연구개발 목적1
 - 2. 연구개발의 필요성2
 - 3. 연구개발 범위3
- 2. 국내외 기술 개발 현황4
- 3. 연구 수행 내용 및 성과5
 - 1. BIM기반의 철도인프라 관리 체계 구축5
 - 2. BIM기반 프로젝트 실무 수행 가이드 구축7
 - 3. BIM기반 사업발주 및 확산을 위한 정책, 지침 제·개정(안)도출10
 - 4. BIM기반 경제·사회적 편익분석 및 의사결정 지원체계 구축13
- 4. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도16
 - 1. 목표 달성도16
 - 2. 관련 분야 기여도21
- 5. 연구개발성과의 활용 계획23
 - 1. 연구개발성과의 활용방안23
 - 2. 기대효과24
- 6. 연구 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보25
- 7. 연구개발성과의 보안등급31
- 8. 국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황31
- 9. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전 조치 이행 실적31
- 10. 연구개발과제의 대표적 연구 실적31
- 11. 기타 사항32
 - 1. 최종차년도 연구개발비 집행 실적32
 - 2. 최종차년도 참여연구원35
- 12. 참고 문헌37

7. 본문

제1장. 연구개발과제의 개요

1. 연구개발 목적

- 본 연구의 목적은 차세대기술인 4차산업혁명 기술과 접목한 “BIM기반 철도인프라 관리 표준기술 개발”에 의한 철도의 4차산업혁명 관련 기술 확보를 통한 철도기술의 국제경쟁력 강화임

가. 최종목표

- 본 연구의 최종 목표는 “BIM기반 철도인프라 관리 표준기술 개발”에 의한 스마트 철도인프라 생애주기관리 기술 확보를 위한 원천기술 확보
- 이를 실현하기 위하여 목표로 하는 중점기술은 아래와 같음.

■ 1세부 : BIM 기반의 철도인프라 관리 체계 구축

- BIM기반 철도인프라 정보 통합 운영·관리 체계 구축
- BIM기반 프로젝트 실무 수행 가이드 구축
- BIM기반 사업발주 및 확산을 위한 정책, 지침 제·개정(안) 도출
- BIM기반 관리체계 도입에 따른 경제·사회적 편익분석

나. 최종목표의 성격 및 설정근거

- 본 연구의 최종 목표는 세계적으로 발전해가고 있는 4차산업혁명 산업의 기술과 접목한 철도인프라 생애주기관리 운영체계 구축의 원천기술 확보를 위해 1단계인 “BIM기반 철도인프라 관리를 위한 표준기술”을 개발하여 철도선진국으로서의 위상을 확보하는 것임.

그러기 위해서 현재 해외에서 연구개발단계에 있는 기술수준을 파악하고 아직 미완성단계에 있는 기술을 선점 개발함으로써 스마트철도기술의 선점을 통한 철도기술의 국제경쟁력을 강화하는데 있음.

이에 따라 최종연구개발 목표 성과물은 실제 철도 프로젝트를 BIM으로 발주 및 설계가 가능하도록 “실무 프로젝트 수행을 위한 가이드라인” 마련과 “철도인프라 정보 통합 운영·관리 체계의 구축”, BIM 설계의 기반 기술인 “철도인프라 정보모델링 기술 개발”, 철도인프라 시설물의 공정관리에 활용 가능한 “다차원의 능동적 시공관리 BIM시스템” 등을 개발하고, 이를 위해 관련된 소프트웨어 개발, 지침 및 정책 수립, 가이드라인 구축 등을 포함하는 철도인프라에 특화된 표준기술 체계를 연구 개발하는 것임.

이는 현 정부에서 추진하고자 하는 국토교통부의 스마트건설기술정책 및 과학기술정책과 연계된 매우 중요한 연구개발 과제임

2. 연구개발의 필요성

■ 1세부 : BIM 기반의 철도인프라 관리 체계 구축

AS-IS	TO-BE
<p>■ 현재 기술수준</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ BIM기반 발주처용 사업관리 시스템 부재 <ul style="list-style-type: none"> - 납품된 BIM 성과품의 활용 및 재 활용이 어려움 - 유럽은 ProjectWise, eB, Aconex 등의 상용 S/W 도입 ◦ BIM기반 실무 수행 가이드 부재 <ul style="list-style-type: none"> - BIM 성과품의 납품 방법, 검토 방법, 활용 방법 등의 업무절차서 부재 - 영국/중동의 경우 BS1192에 따른 발주처 요구사항 정의 ◦ BIM기반 철도인프라 사업발주에 대한 제도적 근거 또는 정책지침 미흡 ◦ BIM 도입에 대한 편익 분석 필요 	<p>■ 기술개발 완료 후</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ 철도인프라 BIM 기반 사업관리 시스템 개발 <ul style="list-style-type: none"> - BIM 성과품 검토, 프로젝트 참여자 협업 가능 - BIM 모델링의 프로젝트 단계별 재 활용 가능 ◦ BIM기반 실무 수행 가이드 확보 ◦ 철도인프라 BIM 발주에 대한 정책 및 지침 근거 마련, 확산 정책 안 제시 ◦ 철도인프라 BIM 도입에 대한 편익 분석 ◦ 기대효과: <ul style="list-style-type: none"> - 철도인프라 BIM 발주 체계 구축 - 한국철도시설공단 글로벌 사업화 역량 강화로 해외 고속철 수주에 기여

3. 연구개발 범위

■ 1세부 : BIM 기반의 철도인프라 관리 체계 구축

▶ BIM기반 철도인프라 정보 통합 운영·관리 체계 구축

- 철도인프라 관리체계 및 시스템 구축을 위해 프로젝트 참여자의 요구사항 수집 분석
- 철도인프라 BIM 표준 체계에 따른 중간/최종 성과물의 납품 및 검토 체계
- 발주자 수준에서 사업관리(설계, 시공)에 필요한 정보 BIM 모델 추출 및 검토
- 사업발주관리 모니터링을 위한 뷰어 개발
- 실무가이드의 표준 프로세스에 따른 BIM 기반 사업관리 프로세스 설계
- BIM 기반으로 작성된 성과물 및 기타 전자도서 정보의 이력 및 workflow status 관리 기능구현
- 모델링 형상 간 간섭체크 검토 기능 구현
- 프로젝트 사업관리를 위한 참여자간 협업 기능 구현
- 철도 프로젝트 시범대상지에 실제 적용하여 통합시스템 검증 및 보완

▶ BIM기반 프로젝트 실무 수행 가이드 구축

- 국내 발주처(한국철도시설공단) 사업관리 업무절차서 및 해외 철도인프라분야 BIM 발주 요구사항 비교를 통한 사업관리 프로세스 표준 정립 및 정보 통합 관리·운영 시스템에 반영
- 철도인프라 BIM 발주를 위한 업무절차서(안) 및 표준 BIM 요구사항(과업지시서) 개발
- 전문가 자문을 통한 기준의 적정성 확인
- 해외 가이드라인 및 발주자 요구사항과 비교를 통한 검증
- 철도 프로젝트 시범대상지에 실제 적용하여 실무 수행 가이드 검증 및 보완

▶ BIM기반 사업발주 및 확산을 위한 정책, 지침 제·개정(안) 도출

- 국내외 정책, 지침, 확산체계조사 및 분석을 통한 현 철도인프라 정책의 개선점도출
- 현 발주체계분석을 통한 개선항목 도출
- 정책, 지침 재·개정 방법론 및 절차 수립
- 정책, 지침 재·개정(안)도출
- 관련 전문가 세미나 및 자문을 통한 정책, 지침 제·개정(안) 검증 및 보완

▶ BIM기반 경제·사회적 편익분석 및 의사결정 지원체계 구축

- 철도에 대한 기본조사 및 계획안에 따른 편익분석
- BIM을 활용한 실시설계에 따른 제반사항 및 편익분석
- 거시적 편익분석과 실시설계 편익분석 비교
- 철도인프라 BIM 기반 경제·사회적 분석 핵심기술 도출에 따른 편익분석 도출

제2장. 국내외 기술 개발 현황

■ China Railway BIM

- 2013년 베이징에서 China Railway BIM alliance 설립
- 8개의 주요조직과 35개의 조직으로 BIM standards, Professional applications, Data interface, Platform technology를 주제로 연구
- BIM 표준을 위한 Railway Engineering Breakdown Structure Guide(EBS), Railway International Framework for Dictionaries(IFD)의 연구목표 달성
- 교량, 터널, 토공, 역사등 철도 인프라 주요 구조물의 IFC 확장 연구 진행

■ Qatar Railway Project

- Qatar Railway Company(QRC) 를 주관으로 약 357억달러 규모의 프로젝트
- 도하 메트로와 장거리 철도 및 화물 철도등 3개의 프로젝트로 구성
- 단일 플랫폼 기반으로 3D 모델을 생성하고 이를 활용할 것을 권장하며 파일을 Industry Foundation Classes(IFC) 포맷으로 제출할 것을 요구
- ISO 12006-2을 기반으로 하는 객체지향형 분류체계인 Uniclass 를 정보요구사항으로 제시
- 3D모델의 Level of Detail(LOD) 기준이외에 2D도면까지 LOD 기준을 정하여 표현
- BIM FORUM 2013에서 제시한 LOD 기준을 사용하여 LOD 350단계까지 고려
- 각 부재별 elements Level of Details(eLOD)과 information Level of Details(iLOD)를 제시

■ LOD Specification (BIM FORUM 2015)

- AIA G202-2008을 참고하여 BIM FORUM 2013에서 발표한 LOD 350기준을 추가
- 기존의 표현상세수준 기준만을 제시한 가이드와 달리 건축부재별 LOD 단계별 형상기준과 LOD 단계별 속성기준을 정리함
- 형상기준은 Unifomat Level에 맞추어 4단계로 표현한 분류체계를 기준으로 각 LOD 단계 별로 포함하는 형상정보를 명확하게 표현
- 속성기준은 Relevant Attribute Tables에서 각각의 재질을 기준으로 LOD별 속성정보를 표현
- Attribute Table에서는 설계단계별 LOD기준과 MEA를 설정할 수 있게 제시

■ 싱가포르 인프라 발주

- 싱가포르 육상교통청 Land Transport Authority(LTA)에서 발표한 Land Transport Master Plan 2008에 따르면 2020년까지 철도를 기존 138km('08년 기준)에서 280km까지 연장할 계획
- 2020년부터 10년간 2개의 신규노선을 도입하고 기존 3개 노선에 대한 구간 연장공사를 추진할 예정
- Cross Island Line, Jurong Region Line, Circle Line 6단계 공사, North East Line 확장 프로젝트, 싱가포르~말레이시아 고속철도의 5개의 프로젝트가 계획 또는 진행되고 있음

■ 최근 한국도로공사, NH공사 등 대표적 토목공사 발주기관에서 BIM도입에 적극적인 경향을 나타내고 있고 이에 따라 설계단계 BIM 이외에 시공단계 BIM의 필요성을 적극적으로 인식하여 본 연구에서 수행하고 있는 시공단계 4D-CAD 성과물은 연구 종료 이후에 활용성이 더욱 증대될 것으로 예상됨

■ 1세부 : BIM 기반의 철도인프라 관리 체계 구축

성 과 명	BIM기반 철도인프라 정보 통합 운영·관리 체계 구축
수행기관	한국철도기술연구원
정 의	BIM 기반으로 작성된 시설물 및 시설물별 구성요소 정보를 통합 관리할 수 있는 시스템
사용주체	철도사업발주기관 (ex. 한국철도시설공단)
핵심성과 개요	<p>■ BIM 기반 철도 인프라 관리 체계 구축을 위한 상세 요구사항 수집 및 분석</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ 국내 인프라분야 BIM기반 프로젝트 수행 사례조사 ◆ 기존 BIM기반 프로젝트의 기술 수준 분석 및 문제점 도출 ◆ 철도분야 BIM 도입을 위한 주요 요소 도출 ◆ 수요처(한국철도시설공단) 관계자 인터뷰 수행 및 상세 요구사항 도출 ◆ BIM 기반 정보 통합운영체계 반영 항목 분석 도출 <p>■ BIM 기반 철도 인프라 정보 통합운영 시스템 상세 설계</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ 국내외 BIM기반 사업관리 시스템의 관리 체계 조사 및 분석 ◆ 수요처(한국철도시설공단) 사업관리 시스템 분석 ◆ BIM 정보 통합 운영·관리 체계 기본설계 수행 ◆ BIM 기반 사업관리 시스템 프로세스 기본 설계 ◆ 표준 데이터 스키마에 따른 BIM 데이터 가시화 기능 상세 설계 ◆ BIM 기반 성과물 및 전자 도서 정보 이력 및 work flow status 관리 기능 상세 설계 ◆ 모델링 형상 간 간섭체크 기능 상세 설계 ◆ 프로젝트 참여자간 협업 기능 상세 설계 <p>■ BIM 기반 철도 인프라 정보 통합운영 시스템 시범적용 및 보완</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ 테스트 베드 적용성 검토 ◆ 공단 등 활용기관 의견 반영 ◆ 추가 기능 개발 보완
핵심연구 성과	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 수요처 요구사항 기반의 BIM 정보 통합운영체계 핵심 항목 구성 <ul style="list-style-type: none"> - 기 분석된 국내외 BIM 활용 사업 정보 운영체계 반영 항목 도출 - 수요처 요구사항 분석(철도시설공단 설문조사 및 인터뷰)을 통한 통합운영 체계 반영항목 분석 ◆ BIM 기반 사업관리 시스템 프로세스 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 시스템 및 프로젝트 관리 등 32개 액티비티 정의 ◆ 표준 데이터 스키마에 따른 BIM 데이터 가시화 기능 상세 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 사업발주관리를 위한 IFC 뷰어 기능 포함 15개 기본 액티비티 정의 ◆ BIM 기반 성과물 및 전자 도서 정보 이력 및 work flow status 관리 기능 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 철도사업 발주관리를 위한 문서 프로세스 및 이력관리 및 조회 등 11개 액티비티 정의 ◆ 모델링 형상 간 간섭체크 기능 상세 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 충돌검토 절차, 가시화 및 보고서 작성 등 10개 액티비티 정의 ◆ 프로젝트 참여자간 협업 기능 상세 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 검토화면 저장, 관리와 이슈 연동 관리 등 15개 액티비티 정의 ◆ BIM기반 철도인프라 정보 통합관리시스템 사용 매뉴얼 개발 ◆ BIM기반 철도인프라 정보 통합관리시스템 상세 보고서 작성

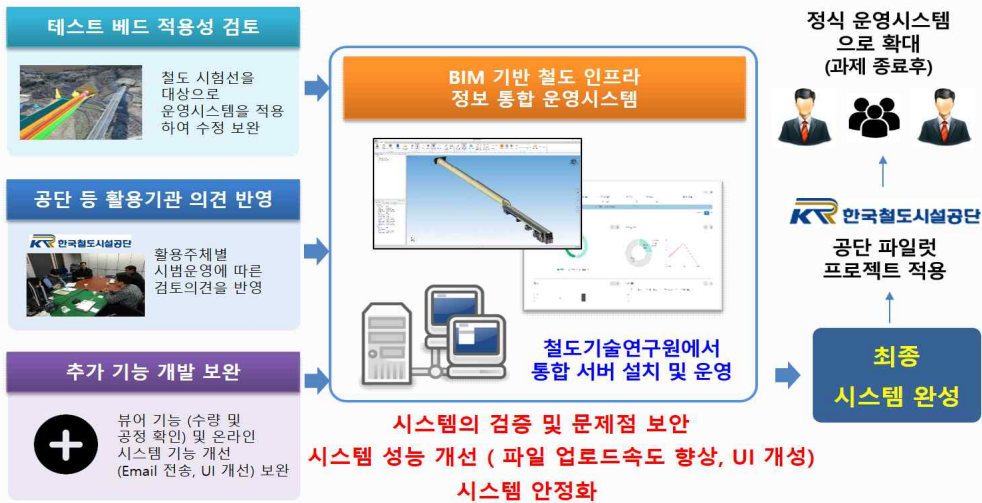
통합 관리 뷰어 시스템 연계

시스템 연계를 통한 문서 및 이슈 데이터 동기화

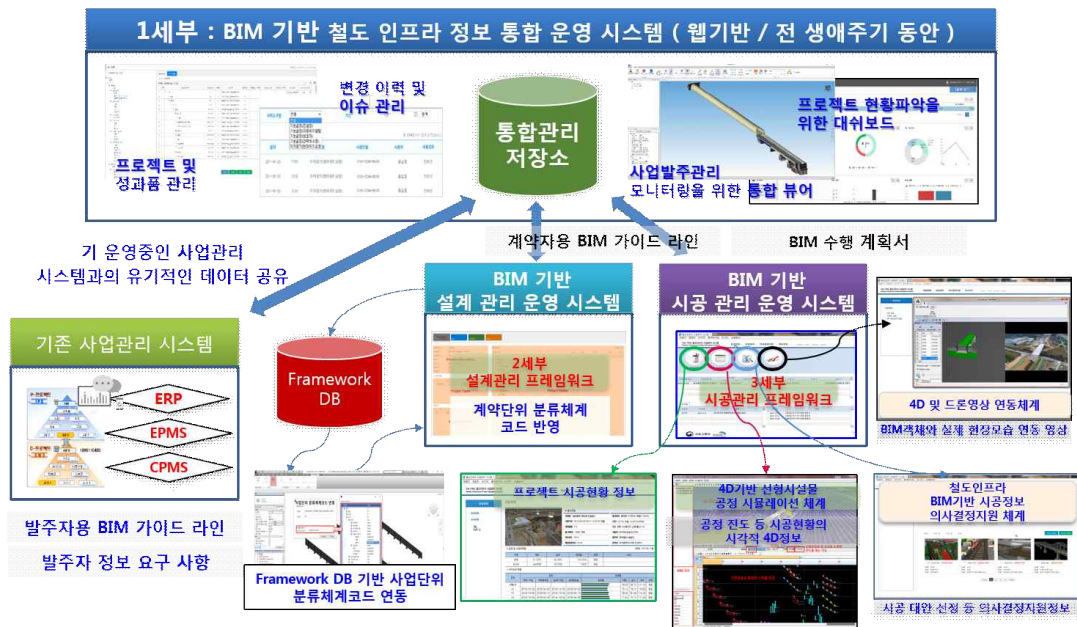


BIM 기반 철도인프라 정보 통합운영 체계 구축

철도 시험선 설계 및 이슈 내용 등록으로 시험운영



발주 및 계획 - 1세부 - 설계 - 2세부 - 시공 - 3세부 -



성 과 명	BIM기반 프로젝트 실무 수행 가이드 구축
수행기관	한국철도기술연구원
정 의	철도 인프라 BIM 발주를 위한 업무절차서(안) 및 표준 요구사항(과업지시서) 개발
사용주체	철도사업발주기관 (ex. 한국철도시설공단)

**핵심성과
개요**

- ◆ 국내외 BIM 기반 실무 및 발주 가이드 자료 조사
- ◆ 국내외 BIM 기반 실무수행 프로세스 상세분석 및 철도 인프라 분야 적용 방안 도출
- ◆ BIM 도입을 통한 기존 프로세스 개선 가능 항목 도출 및 발주가이드 반영 계획안 도출
- ◆ BIM 기반 프로세스 수행 체계 상세 설계
- ◆ BIM 기반 철도 인프라 업무 및 협업절차 연구
- ◆ 테스트 베드 적용성 검토
- ◆ 관련 전문가 검토 의견 반영
- ◆ 통합운영 시스템 매뉴얼 반영

**핵심연구
성과**

- ◆ **국내외 BIM 기반 실무 및 발주 가이드 자료 조사**
 - 국토교통부 건축분야 BIM 가이드, 조달청 시설사업 BIM 적용 기본지침서 분석
 - 일반적인 BIM 모델작성에 대한 내용에 대해서는 각 가이드의 내용을 준용하여 활용 가능
 - 가이드는 방향성만 제시되어 있고 철도에 대해서는 언급되어 있지 않음
 - 메트로, 철도 등 국외 인프라 BIM 가이드라인 분석
 - BIM 설계 성과품의 단계별 모델링 수준, 검토방법 등의 BIM업무 프로세스 상세 명시

국외 BIM 가이드라인 현황

Country	Organization	Published Year	Guideline Name
UK	BSI	2010	Building Information Management A Standard Framework and Guide to BS 1192
	BSI	2007	Collaborative production of architectural, engineering and construction Information - Code of practice
	BSI	2016	Collaborative production of architectural, engineering and construction Information - Code of practice + A2
	BSI	2013	PAS 1192-2:2013 Incorporating Corrigendum No. 1 Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling
	BSI	2014	PAS 1192-3:2014 Incorporating Corrigendum No. 1 Specification for information management for the operational phase of assets using building information modelling
	BSI	2014	PAS 1192-4:2014 Collaborative production of Information Part 4 : Fulfilling employer' s information exchange requirement using COBie - Code of practice
	BSI	2015	PAS 1192-5:2015 Specification for security-minded building information modelling, digital built environments and smart asset management
USA	U.S. General Service Administration	2007	GSA BIM Guide Series
EU	EUBIM Taskgroup	2017	Handbook for the introduction of Building Information Modelling by the European Public Sector
Qatar	Qatar Rail	2015	Qatar Rail Building Information Modelling Guidelines
Hong Kong	Construction Industry Council	2014	Roadmap for Building Information Modelling Strategic Implementation in Hong Kong' s Construction Industry
Japan	国土交通省	2014	官庁営繕事業における BIM モデルの作成及び利用に関する

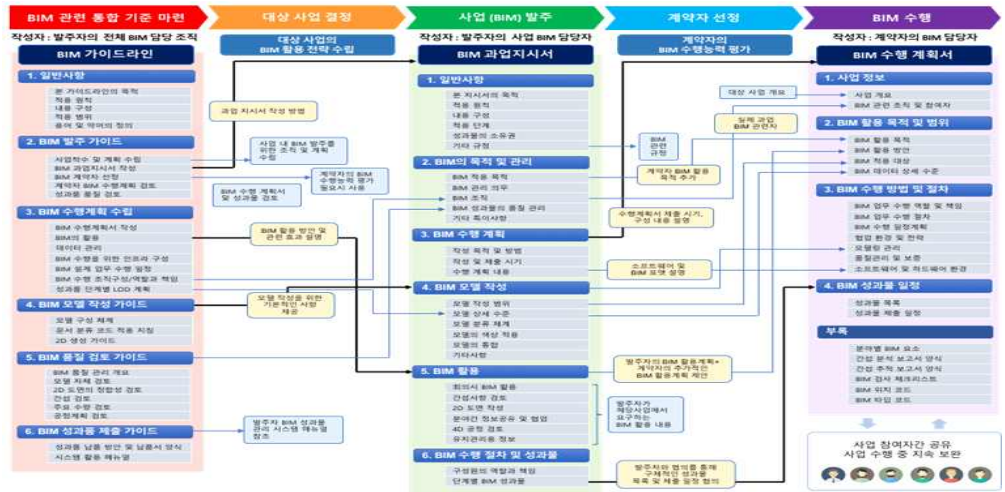
			るガイドライン
New Zealand	BIM Acceleration Committee	2016	The New Zealand BIM Handbook
Singapore	BCA	2013	Singapore BIM Guide Version 2.0
	BCA	2017	Singapore VDC Guide Version 1.0
	BCA	2015	BIM Particular Condition Version 2.0
	BCA	2013	BIM Essential Guide for Adoption in Organization
	BCA	2013	BIM Essential Guide for Execution Plan
	BCA	2013	BIM Essential Guide for Architectural Consultants
	BCA	2015	BIM Essential Guide for Collaborative Virtual Design and Construction
	BCA	2016	BIM for DfMA (Design for Manufacturing and Assembly) Essential Guide
	BCA	2013	BIM Essential Guide for C & S Consultants
	BCA	2013	BIM Essential Guide for MEP Consultants
	BCA	2013	BIM Essential Guide for Contractors
	BCA	2015	BIM Essential Guide for Building Performance Analysis
	BCA	2015	BIM Essential Guide for Land Surveyors
BCA	2015	Singapore Standard CP 83 (Code of Practice for Construction Computer-aided design (CAD))	

- ◆ 국내외 BIM 기반 실무 수행 프로세스 상세 분석 및 철도 인프라 분야 적용 방안 도출
 - 미국, 영국, 카타르 레일, 싱가포르 LTA 요구사항 등 12 개국, 32 개의 가이드 자료 수집 및 분석
 - 철도분야와 관련한 구성 요소, 정보항목 참조 및 목록화
- ◆ BIM도입을 통한 기존 프로세스 개선 가능 항목 도출 및 발주가이드 반영 계획안 도출
 - 한국철도시설공단 PMr 업무 가이드북의 사업수행 업무절차에 따른 BIM 수행 프로세스 초안 작성 **정책 반영(2018)**
- ◆ BIM 기반 프로세스 수행 체계 상세 설계
 - BIM 수행 프로세스(안)에 따른 참여자별 BIM 역할 및 책임 초안 정의
- ◆ BIM 기반 철도 인프라 업무 및 협업절차 연구
 - 공종별 설계/시공 연계관계를 고려한 모델 작성/검토/이관에 대한 운영체계 초안 정의
 - BIM기반의 철도인프라 정보 통합 운영·관리 체계를 고려한 실무 가이드 초안 (발주자용, 계약자용), **철도시설공단 정책 이미 발주 반영됨(2018)**

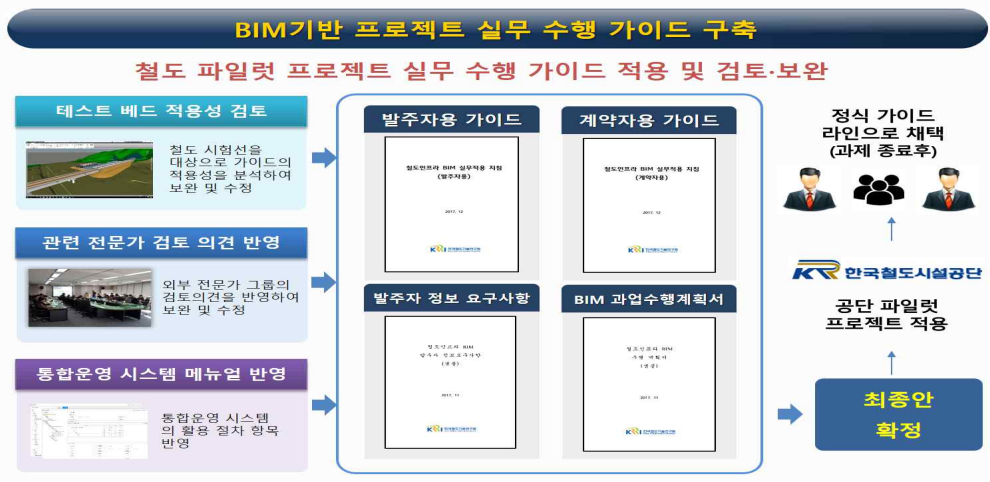
해외 철도 BIM 적용 사례

국가명	구분	사업명	적용단계	BIM 적용 아이템			
				3D	2D 도면 추출	4D	CDE
영국	전철	Cross Rail	설계·시공	0	0	0	0
	고속철도	HS2	설계·시공	0	0	0	0
싱가포르	전철	TEL	설계·시공	0	0		0
		Circle Line	설계·시공	0	0		0
	고속철도	HSR	설계·시공	0	0	0	0
카타르	전철	Doha Metro	설계·시공	0		0 (5D)	0
UAE	전철	Dubai Metro	설계·시공	0	0	0	0
미국	전철	LA Metro	설계·시공	0	0	0	

- ◆ 테스트 베드 적용성 검토
 - 철도 시험선을 대상으로 가이드의 적용성을 분석하여 보완 및 수정
- ◆ 관련 전문가 검토 의견 반영
 - 외부 전문가 그룹의 검토의견을 반영하여 보완 및 수정
- ◆ 통합운영 시스템 매뉴얼 반영
 - 통합운영 시스템의 활용 절차 항목 반영



철도인프라 사업 BIM 수행 가이드 구축 및 활용 체계(전문가 검토의견 반영)



BIM 기반 프로젝트 실무 수행 가이드 구축

시범사업 발주



1.1.7 설계 BIM, 시공 BIM 적용

- 1) 실시설계, 시공단계에서 철도 BIM(Building Information Modeling)을 적용하여야 하며, 설계 및 시공 BIM 적용 방안에 대하여 「BIM 수행계획서」를 작성하여 기본설계 도서로 제출하여야 한다.
- 2) 실시설계 단계에서는 BIM을 적용하여 3차원 도선계획, 주요 구조물(무제)에 대한 3차원 모델링과 속성정보를 활용하여 설계도면을 작성하여야 하며, 설계품질 향상, 인터페이스 협의(지속 확인), 관계기관 업무협의 및 민원접도 등에 활용하여야 한다. 또한, 공단과 협의하여 주요 설계 검사점(Hold Point) 단계에서 BIM으로 작성된 설계 성과물을 검토 제출하여야 한다.
- 3) 시공 단계에서는 BIM을 적용하여 종합공정관리, 분야별로 인터페이스 협의 조정, 연속운영선 인접구간(하부 통과)의 안전성 검토, 근로자 및 장비운영 안전관리, 설계변경, 민원해소 등에 활용하고, 준공 시에 BIM 준공도면을 제출하여 준공 후 시설물 유지보수업무에 활용하도록 하여야 한다.
- 4) 「BIM 수행계획서」는 국가R&D 예산 과제 「BIM기반의 철도인프라 관리체계 구축」 연구성과물인 「철도 인프라 BIM 가이드라인」과 조단청의 「시설사업 BIM적용 기본원칙지침」을 참고하여 작성하여야 한다. 이때, 설계, 시공 BIM적용에 따른 제반비용은 입찰금액에 포함된 것으로 본다.

국토부 BIM 시범사업 추진

국토교통부		보도자료	
발표일	2018. 10. 31(수) / 총 5배(문서)	담당부서	과장 정희교, 사무관 서영환
담당부서	기술정책과	담당자	홍 (044) 201-5557
보도일시	2018년 11월 1일(목) 오전부터 보도하여 주시기 바랍니다. ☎ 통신방송신타입은 10. 31.(수) 16:00 이후 보도 가능		

건설기술, 디지털화·자동화 날개 달고 비상한다
BIM 설계, 빅데이터·AI 활용, 가상시공 등...기술발전 로드맵 수립

- 2차원 설계도면에서 3차원 정보모델로, 인력·경험 중심 반복 작업에서 데이터 기반 자동화이전으로, 건설이 낡은 전통 산업의 이미지를 벗고 첨단 산업으로 도약하기 위해 건설 전 과정에 정보통신기술(ICT) 등 첨단 기술을 접목하는 기술혁신이 추진된다.
- 국토교통부(장관 김현미)는 2025년까지 스마트 건설기술 활용기반을 구축하고, 2030년까지 건설자동화를 완성하는 것을 목표로 「스마트 건설기술 로드맵」을 수립하고 10월31일 국가과학기술자문회의 운영위원회에 상정했다.
 - 스마트 건설기술 : 전통적 조목·건축기술에 BIM·IoT·Big Data·드론·로봇 등 첨단기술을 융합한 기술
 - 토저주력공사, 도량공사, 철도시설공단 등 발주청을 통해 스마트 건설 시범사업(18.4월)을 시행하여 성과를 공유하고 제도개선 사항도 도출한다.
 - 스마트시티 세종 5-1생활권(내, 부산 EDC 2단계, 공공(수원정리공사) 도로·철도·항행-이천 고속도로 2공구)에 인력-수반 혁신신원(철도시설공단)

국토부 보도자료 일부 발췌(18.10.31)

성 과 명	BIM기반 사업발주 및 확산을 위한 정책, 지침 제·개정(안)도출
수행기관	한국철도시설공단, 연세대학교
정 의	철도산업 BIM도입 및 확산을 위한 로드맵 작성
사용주체	철도사업발주기관 (ex. 한국철도시설공단)
핵심성과 개요	<ul style="list-style-type: none"> ■ 국내외 BIM 활성화를 위한 확산체계 조사 ◆ 미국, 싱가포르, 영국에 대한 BIM 확산 체계 조사 ◆ 미국은 건설산업 BIM 확산을 위해서 정부중심의 다양한 활동 전개, 국가표준 NBIM를 공고하고 연방정부 예산 추진사업 BIM 의무 납품 ◆ 영국은 BIM확산을 위한 B/555에서 단계별 로드맵을 제시, 2011년부터 공공건물 조달사업에 BIM 적용 의무화 실시 ◆ 싱가포르는 민간분야 포함 국가 건설의 80%이상에 BIM 적용을 위한 로드맵과 전략 수립, BCA(건설부)에서는 6백만 달러 규모의 BIM 도입 장려금 사용, BIM 교육 장려 ■ BIM 발주 관련 법령조사 ◆ 국내 BIM발주를 위한 법적 근거가 부재함, 계약자 하도급 형태로 수행 ◆ BIM 수행 대가기준 미 정립 ◆ BIM 수행에 따른 발주처의 역할 미 정립 ◆ BIM 발주를 위해 기존의 건설기술진흥법, 철도산업발전기본법, 한국철도공사법, 한국철도시설공단법의 BIM 발주와 관련된 항목 또는 정책·지침마련 통해 가능함 ◆ BIM기반 철도인프라 발주 실용화 방법 및 확산체계 기초연구 ◆ 국내 철도 BIM프로젝트 사례조사 및 성과 결과 조사 ◆ BIM기반 철도인프라 발주 실용화 방법 및 확산체계 제시 ◆ BIM기반 철도인프라 프로젝트 발주 실용화의 정책적 측면의 필요요소 조사 및 분석, BIM 확산체계 구성 측면의 필요 요소 조사 및 분석 ◆ BIM기반 철도인프라 발주 실용화방법 및 확산체계 검토 및 보완 ◆ 국내 BIM 도입 로드맵 연도별 비교
핵심연구 성과	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 철도 BIM 도입 기대효과와 혜택 (발주자 측면) <ol style="list-style-type: none"> 1. 초기 계획단계부터 체계적이고 정확한 타당성 검토가 가능 2. 이전보다 정확한 개산 견적이 가능하고 상세정보 작성 전에 개념 모델을 이용하여 설계단계 및 시공단계 시뮬레이션이 가능하고 이것으로 사전검토가 가능 3. 기본 설계에 대한 설계기준을 명시하여 명확한 설계 명세서와 시방서를 요구 할 수 있다. (선형설계, 지반처리, 터널설계, 절·성토 및 구조물 설계, 토공설계, 교량설계, 건물 설계, 배수설계, 소방/기계/전기 설계 등) (설계측면) <ol style="list-style-type: none"> 1. BIM을 통한 설계 작업을 수행한 경우 설계단계에서도 시각화가 가능함 3차원 모델로부터 얻어지는 시각화의 혜택과 더불어 설계변경 사항의 자동 반영을 통해 정확성 확보가 가능. 2. BIM 모델을 통해 도면 추출 및 협의 및 검토를 위한 도서 추출이 가능하다. 시공 도면에서 나타나는 오류와 재작업 시간의 단축이 가능. 3. 조기 협업이 가능하여 각 참여자로부터 설계 오류와 누락을 예방. 4. 설계 완료 후 VE 단계를 거치는 작업보다 비용적으로 효율적이며 사후 수정 작업에 투입되는 시간과 비용 절감이 가능. (시공측면) <ol style="list-style-type: none"> 1. 시공 도면을 별도 제작하지 않고 BIM모델로부터 추출, 사용 가능하여 도면의 정확성이 향상되고, 시공성 향상을 위한 도면의 수정이 바로 반영 가능하여 비용과 기간의 단축이 가능. 2. 시공 현장의 장비 및 시공 시뮬레이션을 통해 정밀한 공정계획으로 현장에서의 불필요한 낭비를 예방하여 린건설(Lean Construction) 가능. 3. 다양한 공종이 참여하는 공사현장에 분야별 공종별 협업을 용이하게 하며 공종간 간섭, 인터페이스 검토 등이 용이. 4. 설계단계에서 설계 오류가 줄어들어, 재시공 비율이 줄어들어 공기와 공사비 단축이 가능.

(유지관리측면)

1. BIM설계 정보를 통해 정확한 시설물 정보를 얻을 수 있게 되어 기계, 전기, 설비 등 자재와 설비의 유지관리 정보와 도면을 정확성이 높아짐으로서 시설물의 유지관리 비용 절감과 시스템 활용이 가능

- BIM기반 철도인프라 발주 실용화 방법 및 확산체계 제시
- BIM기반 철도인프라 프로젝트 발주 실용화의 정책적 측면의 필요요소 조사 및 분석, BIM 확산체계 구성 측면의 필요요소 조사 및 분석
- BIM기반 철도인프라 발주 실용화방법 및 확산체계 검토 및 보완
- 4차 산업혁명 시대의 철도시설 선진화를 위하여, 2018년부터 2030년까지 “BIM 정보 활용 수준”에 따라 다음과 같이 5단계로 나누어 BIM도입 및 확산 전략을 제시한다. 아래 5단계 구분은 프로젝트에 참여할 수 있는 참여자의 BIM수행능력의 점진적 성숙에 따른 분류라고도 할 수 있다.

◆ **철도 BIM 로드맵** : 철도 BIM도입 및 확산전략을 요약하여 정리한 로드맵을 제시. 사람(people), 절차(process), 기술(technology) 3가지로 구분

* **1단계 2018년 - 목표: (BIM 1.0) 전환BIM(2D-3D Conversion BIM)**

2018년에는 BIM을 수행할 수 있는 프로젝트 참여자가 거의 없는 것을 전제로 한다. 이에 따라 먼저 기존의 2D 방식으로 설계된 것을 용역사 등을 통하여 BIM모델로 전환하면서 설계오류 등을 검토하는 것을 목표로 BIM을 적용한다. 이렇게 생성된 3차원 BIM 모델 정보는 공청회, 설계검토, 시공성 검토 등에 재활용할 수 있다. 현재 천안-청주 공항철도 프로젝트에 적용하고 있다.

* **2단계 2020년 - 목표: (BIM 2.0) “투트랙BIM(Two-track BIM)”**

2020년에는 BIM 적용시 효과가 크다고 판단되는 부분(예: 인터페이스가 많아 조율이 어려운 구간, 기하학적으로 복잡한 구간 등)을 선정하여 BIM으로 수행하고, 나머지 부분은 기존의 2D 방식으로 수행하는 것을 목표로 한다. 1개의 신규 프로젝트에 이러한 방식으로 BIM을 적용한다.

* **3단계 2022년 - 목표: (BIM 3.0) “통합BIM(Integrated BIM 또는 Full BIM)”**

2022년에는 프로젝트의 주요공종이 모두 BIM으로 이루어질 수 있도록 하여, BIM 기반의 통합사업관리(공사비, 공정)가 가능하도록 한다. 2개의 신규프로젝트에 BIM 3.0수준의 BIM을 적용한다.

* **4단계 2024년 - 목표: (BIM 4.0) “린BIM(Lean BIM)”**

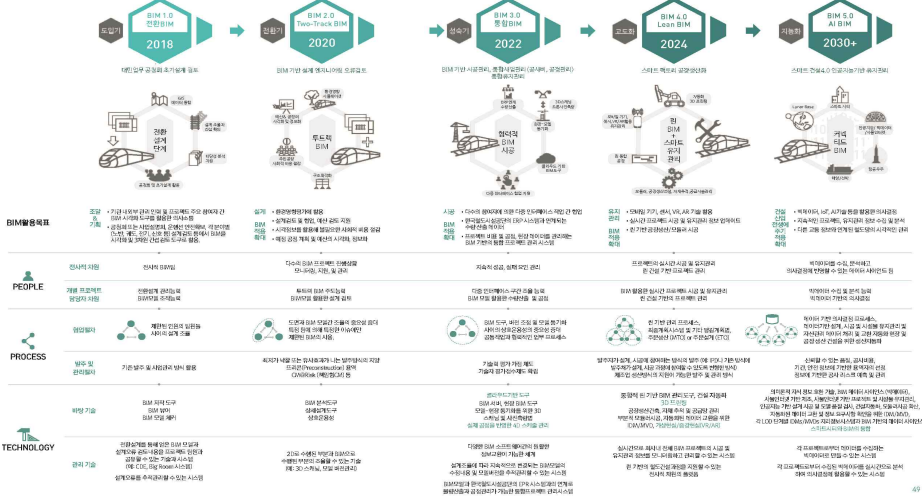
2024년대에는 4차산업 시대에 걸맞게 제조생산 및 관리방식을 도입한 모듈러시공, 통합유지관리방식 등을 적용한다.

* **5단계 2030년 - 목표: (BIM 5.0) “지능형BIM(AI BIM)”**

2030년대에는 BIM에 빅데이터와 인공지능을 접목하여, 효과적이고 효율적으로 “정보에 기반한 의사결정(informed decision)”이 이루어질 수 있도록 한다.

- **철도 BIM 2030 로드맵 보고서**

04. 철도BIM 2030 로드맵



성 과 명	BIM기반 경제·사회적 편익분석 및 의사결정 지원체계 구축
수행기관	인천대학교
정 의	BIM 활용 철도인프라 비용 절감 효과 분석
사용주체	철도사업 관련 기관

**핵심성과
개요**

- ◆ 기존의 BIM활용 관련 문헌조사 수행 후 철도인프라 BIM 활용 시 편익분석요소 도출
- ◆ 건축물 및 기반시설 중심 BIM 활용 프로젝트 분석 후 BIM 활용 범위 및 경제적 예상 파급효과 도출
- ◆ BIM 적용 부분에 따른 ROI 분석요소 도출
- ◆ BIM 유효성 검토를 위한 비용관련 요소 산출
- ◆ 논문 및 보고서 결과물 재분류 작업을 통한 성과지표 검증
- ◆ 비용관련 요소 산출과 BIM적용 가능분야 데이터 검토를 통한 산출식 도출
- ◆ 인건비를 중심으로 BIM업무, 간접해결 비용, 공기지연으로 인한 소비비용으로 분류
- ◆ 도출된 정량화 지표들에 대한 철도인프라 비용분석
- ◆ 비용분석에 대한 내용을 바탕으로 설계와 시공 분야에서 비용효과에 대한 분석을 수행
- ◆ 오송시험선(Test-bed) 관련 실제 BIM 모형 구축에 따른 비용 및 설계와 시공과정에서 예상되는 효과비용을 통한 편익분석 결과도출

- 국내 기반시설 및 건축물 BIM활용 사례 26건 분석
- 건축물을 제외한 해외 BIM 활용사례 26건 분석
- 국내사례에 비해 기획, 관리, 복합 부분으로 활용된 사례가 다수
- 해외사례는 다른 분야에 협업과 효율성을 목표로 프로젝트 내부에 BIM을 적극 활용

**핵심연구
성과**

번호	프로젝트명	관련시설	유형	기간	BIM 적용 사항
1	부두 중앙복합 도로복합 (인천광역시)		복합건물	2014.09.01~14.09	기존 설계단계
2	서울대학교병원 신축사업(신호문인근로동) 사업		복합건물	2014.04.01~14.05	BIM기반 협업형 설계
3	충청남도 문화체육관광		공공건물	2014.04.01~14.05	확정된 시공단계
4	영주시 종합체육관		공공건물	2014.01.01~14.01	확정된 시공단계
5	충청남도 문화체육관광		공공건물	2014.01.01~14.01	기초설계 및 설계협업 / 도면제출
6	영주시 종합체육관		공공건물	2014.01.01~14.01	시공계획 / 시공협업 / 공판계약
7	세종시 문화체육관광		공공건물	2014.01.01~14.01	초기용량 / 용량협업
8	인천광역시 문화체육관광		공공건물	2014.01.01~14.01	시공계획
9	미국 플로리다주 Orlando Parkway 도로건설 프로젝트		도로	2014.01.01~14.01	BIM 기반 4D/5D 시뮬레이션 운영-원격 협업 시공관리 지원
10	New Road between Markham Station and Adam Point (인도네시아)		도로	2014.01.01~14.01	도면작성을 통한 현장관리 지원 / 운영관리 및 교통시뮬레이션 / 구조물 안전관리
11	말레이시아 말라카-세팡 고속도로 확장공사		도로	2014.01.01~14.01	설계단계 4D 시뮬레이션 기반 협업
12	말레이시아 사업장(Shah Alam)		도로	2014.01.01~14.01	구급차의 이동 경로 분석을 위한
13	말레이시아 말라카-세팡 고속도로 (인도네시아)		도로	2014.01.01~14.01	일제교차로 구간별 및 교량 하부구조 구간 확인 및 현장 시공
14	말레이시아 말라카-세팡 고속도로 (인도네시아)		도로	2014.01.01~14.01	도로 및 건축사양 도면으로 인한 교통흐름 시뮬레이션
15	말레이시아 말라카-세팡 고속도로 (인도네시아)		도로	2014.01.01~14.01	도로계획 및 교통흐름 계획
16	말레이시아 말라카-세팡 고속도로 (인도네시아)		도로	2014.01.01~14.01	도면제출 및 현장관리 지원
17	말레이시아 말라카-세팡 고속도로 (인도네시아)		도로	2014.01.01~14.01	고속도로 설계도면 계획
18	말레이시아 말라카-세팡 고속도로 (인도네시아)		도로	2014.01.01~14.01	시공계획 / 운영관리 지원
19	말레이시아 말라카-세팡 고속도로 (인도네시아)		도로	2014.01.01~14.01	시공 및 운영관리 지원
20	말레이시아 말라카-세팡 고속도로 (인도네시아)		도로	2014.01.01~14.01	시공 및 운영관리 지원
21	말레이시아 말라카-세팡 고속도로 (인도네시아)		도로	2014.01.01~14.01	시공 및 운영관리 지원
22	말레이시아 말라카-세팡 고속도로 (인도네시아)		도로	2014.01.01~14.01	시공 및 운영관리 지원
23	말레이시아 말라카-세팡 고속도로 (인도네시아)		도로	2014.01.01~14.01	시공 및 운영관리 지원
24	말레이시아 말라카-세팡 고속도로 (인도네시아)		도로	2014.01.01~14.01	시공 및 운영관리 지원
25	말레이시아 말라카-세팡 고속도로 (인도네시아)		도로	2014.01.01~14.01	시공 및 운영관리 지원
26	말레이시아 말라카-세팡 고속도로 (인도네시아)		도로	2014.01.01~14.01	시공 및 운영관리 지원
27	말레이시아 말라카-세팡 고속도로 (인도네시아)		도로	2014.01.01~14.01	시공 및 운영관리 지원
28	말레이시아 말라카-세팡 고속도로 (인도네시아)		도로	2014.01.01~14.01	시공 및 운영관리 지원
29	말레이시아 말라카-세팡 고속도로 (인도네시아)		도로	2014.01.01~14.01	시공 및 운영관리 지원
30	말레이시아 말라카-세팡 고속도로 (인도네시아)		도로	2014.01.01~14.01	시공 및 운영관리 지원
31	말레이시아 말라카-세팡 고속도로 (인도네시아)		도로	2014.01.01~14.01	시공 및 운영관리 지원
32	말레이시아 말라카-세팡 고속도로 (인도네시아)		도로	2014.01.01~14.01	시공 및 운영관리 지원
33	말레이시아 말라카-세팡 고속도로 (인도네시아)		도로	2014.01.01~14.01	시공 및 운영관리 지원
34	말레이시아 말라카-세팡 고속도로 (인도네시아)		도로	2014.01.01~14.01	시공 및 운영관리 지원
35	말레이시아 말라카-세팡 고속도로 (인도네시아)		도로	2014.01.01~14.01	시공 및 운영관리 지원
36	말레이시아 말라카-세팡 고속도로 (인도네시아)		도로	2014.01.01~14.01	시공 및 운영관리 지원
37	말레이시아 말라카-세팡 고속도로 (인도네시아)		도로	2014.01.01~14.01	시공 및 운영관리 지원
38	말레이시아 말라카-세팡 고속도로 (인도네시아)		도로	2014.01.01~14.01	시공 및 운영관리 지원
39	말레이시아 말라카-세팡 고속도로 (인도네시아)		도로	2014.01.01~14.01	시공 및 운영관리 지원
40	말레이시아 말라카-세팡 고속도로 (인도네시아)		도로	2014.01.01~14.01	시공 및 운영관리 지원

국내 및 해외 BIM 활용사례 분석

- 해외 BIM적용 사례분석 통해 철도인프라 BIM 활용에 적용 가능 요소 6가지 도출
- BIM 초기 활용사례와 부분 활용사례 비교를 통한 ROI분석으로 철도인프라 BIM활용에 대한 가시적인 경제적 파급효과 예측가능
- BIM 인지 가치를 살펴본 결과 도면의 오류가 사라져 설계 품질 향상되고 노동 생산성 또한 꾸준히 높아짐을 알 수 있음
- BIM과 CAD를 활용한 경우를 비교하였을 때 모든 주요 영역에서 생산성이 향상
- Non-BIM에 비해 RFI (정보 재신청) 처리 건수가 37% 줄었고 변경 주문처리 건수가 32% 감소
- BIM 사용으로 인해 현장 설치 시 충돌요소가 생겨나지 않아 공사 기간을 6개월 단축
- BIM의 활용으로 기하학적 충돌요소를 방지하여 도면 간 조정 없이 현장도면 작성
- BIM 사용으로 인하여 현장설치 시 충돌 요소는 없었고, 시스템조정 시의 RFI 감소,

\$ 900만 비용 절약의 효과를 거둠

- MEP 협력업체들은 인건비를 20%-30% 줄였고, 공사 전체에 걸쳐 재작업이 0.2% 미만으로 감소
- 시간 절감 및 주문 변경을 줄여 얻을 수 있는 비용효과를 근거로 BIM에 투자하기로 결정한 발주처의 잠재적 절감 효과

도면오류수정	비용 (전체, 부분)	목표달성에 기여치
생산성	문서품질	서비스 효과
RFI	운영비 절감	정보 관리개선
공사기간	작업량 감소	수익성 향상
인력 (노동력)	충돌요소	심사/설계기간

사례분석을 통한 BIM 활용 효과

- 9가지 정량화 지표 도출
- 품질관리 항목 정량화 지표 (재작업 감소율, 간섭발생을 감소, 오류발생을 감소)
- 비용 항목 정량화 지표 (비용/단위 유닛, 총 비용 감소율, 총 비용 감소량)
- 일정 항목 정량화 지표 (단축량, 공기 단축율, Man-hour 감소)

시 간	항목	정량화 지표
비 용	품질관리	재작업 감소율 (%)
품 질		간섭발생을 감소 (%)
정보변경		오류발생을 감소 (%)
고객만족	비 용	비용/단위유닛 (원)
사업성과		총비용 감소율 (%)
과업안정		총비용 감소량 (원)
	일 정	단축량 (시간)
		공기단축율 (%)
		Man-hour 감소 (시간)

9가지 핵심적 정량화 지표

- 국내외 건축공사 BIM 사용에 따른 추진동향 : 조직력, 인프라, 핵심기술 등의 사례 분석을 바탕으로 BIM 리스크 비용에 대한 지표확보 후 철도인프라에 적용
- 적용 가능한 지표는 인건비(설계검토), 해체 및 재시공, 공기지연 등의 항목 도출
- BIM 활용에 따른 비용절감 효과를 설계 관련과 시공 관련으로 구분하여 산출

프로젝트 명	변경에 따른 CAD 작업소요인원	변경에 따른 기술자 등급	변경에 따른 CAD 작업시간	사무직 일당	기타 일비	소요임금(천원)	비고
시험 제 1 교	1	고급	80	671,500	201,450	8,729.50	설계 변경
	2	중급	320	561,000	168,300	29,172.00	설계 변경
	1	초급	160	382,500	114,750	9,945.00	설계 변경
시험 제 1 교	1	중급	24	561,000	168,300	2,187.90	도면 치수 수정
시험 제 1 교	1	중급	24	561,000	168,300	2,187.90	도면 치수 수정
시험 제 5 교	1	중급	24	561,000	168,300	2,187.90	도면 치수 수정
시험 제 7 교	1	중급	24	561,000	168,300	2,187.90	도면 치수 수정
시험 제 7 교	1	중급	24	561,000	168,300	2,187.90	도면 치수 수정
시험 제 7 교	1	중급	24	561,000	168,300	2,187.90	도면 치수 수정
시험 제 8 교	1	중급	24	561,000	168,300	2,187.90	도면 치수 수정
시험 제 8 교	1	중급	24	561,000	168,300	2,187.90	도면 치수 수정
합계						65,349.70	

BIM 미적용 시 설계변경 및 도면 치수 수정에 대한 예산소비비용

- 해당 이슈 사항의 공기지연에 따른 Benefit을 분석하기 위하여 인건비와 재료비로 구분하여 분석을 진행
- 재료비와 인건비에 대한 자료는 한국 철도 시설공단에서 정의하는 단가산출기준과 대한건설협회에서 제시하는 2017 일위대가총괄표를 기준으로 하여 분석

프로젝트명	품명	인건비 Benefit	재료비 Benefit	합계
시험 제 1교	자립식옹벽	5,947.41	334.01	6,281.42
시험 제 7교	방음벽	1,973.95	6,813.82	8,787.77
시험 제 8교	거더(Girder)	357.73	3.82	361.55
총 합		공기단축 3달일 경우		23,146.11
		공기단축 2달일 경우		15,430.74
		공기단축 1달일 경우		7,715.37

BIM 활용에 따른 비용절감 효과

- 아울러 BIM 간섭 검토를 통한 다양한 이득이 있을 것으로 판단되나 시공 과정에 대한 정보 모니터링 필요.
- 인건비(공종구분과 업무처리, 업무종류), 재료비(재시공 품목별 재료비), 공기지연(지체보상금)을 산출근거로 활용
- 설계단계에서는 인건비를 중심으로 활용하였고, 시공단계에서는 업무종류를 중심으로 한 인건비와 재료비를 활용하였으며 공기지연의 경우 전체 단계를 대상으로 하기 때문에 모든 프로젝트에 적용하였음.
- 오송시험선 BIM적용 LIST는 간섭 오류로 인한 해결사항을 포함하고 있었고, 각 사항이 BIM 미사용에 따른 비용발생이라는 가정에 의한 Benefit을 분석하기 위해서 간섭 오류가 일어난 LIST 중 시공오류로 인한 재작업에 해당하는 자료를 편익 분석 데이터로 추출할 수 있었고, 면적(m²)당 인건비, 재료비(원)를 분석 요소로서 활용함.
- 시공관련 이슈의 해결사항을 BIM 미사용 따른 비용발생이라는 가정에 의한 Benefit을 분석하기 위하여 인건비와 재료비로 구분하여 분석을 진행함.
- 공기지연관련 산출요소의 경우 건설단계의 모든 부분에 해당하고, BIM 미사용에 따라 총공사비에 영향을 미친다는 가정에 의한 Benefit을 분석하기 위하여 지체보상금을 활용하여 분석을 진행함.

기간(달)	Benefit(천원)	Cost(천원)	Benefit / Cost	
단축	-2	88764.20	66531.40	133.42%
	-1.5	85405.50	66531.40	128.37%
	-1	82046.80	66531.40	123.32%
	-0.5	78688.10	66531.40	118.27%
-	0	75329.40	66531.40	113.22%
연장	+0.5	75828.38	70389.09	107.73%
	+1	76327.36	74246.77	102.80%
	+0.5	76826.35	78104.46	98.36%
	+2	77325.33	81962.15	94.34%

BIM 사용에 따른 소비비용 산출식

- B/C 결과의 민감도를 확인하기 위하여, 설계단계를 제외한 시공단계 및 공기지연 항목에서의 공기단축 기간을 2달(기준)에서 -2달까지 0.5달 간격으로 총 9가지의 변수를 활용하여 동일 계산방법을 적용함.
- 공기단축 기간 변수가 음의 정수인 경우에는 총 공사비 내에서의 작업 단축기간이 변화했음을 의미하고, 0인 경우에는 예측된 공사기간에 맞게 완공되었음을, 양의 정수일 경우에는 총 공사비 이상으로 공기가 지연됨을 의미함.
- 공기단축 기간의 변수가 -2에서 +1까지는 B/C의 값이 100% 이상으로 산출되었고, 1.5, 2인 경우 100% 이하의 B/C 값이 산출되어 이는 BIM 활용 기간에 따라 총사업비가 큰 토목인프라 프로젝트가 큰 영향을 받을 수 있다고 판단할 수 있음.
- BIM 활용에 따른 총 투자비용(COST)은 약 6,600만 원으로 계산되고, 공기 단축을 2달로 가정하여 계산한 BIM 활용에 따른 총 효과비용(Benefit)은 설계관련 효과비용과, 시공관련 효과비용, 공기지연관련 효과비용을 합한 약 8,800만 원으로 계산되어, BIM 활용에 Benefit / Cost는 약 133.4%로 계산됨.

제4장. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

1. 목표 달성도

1-1. 양적 성과목표 달성도 (연구단 전체_(괄호내용 : 1세부+2세부+3세부))

구 분		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	계
국외논문 게재	SCI	-	-	-	5 (1+2+2)	5
	비SCI	-	-	-	-	-
	계	-	-	-	5	5
국내논문 게재	SCI	-	-	-	-	-
	비SCI	-	7 (2+5+0)	7 (1+4+2)	5 (2+3+5)	19
	계	-	7	9	5	19
특허출원	국내	-	2 (0+2+0)	4 (0+3+1)	1 (0+0+1)	7
	국외	-	-	-	-	-
	계	-	2	4	1	7
특허등록	국내	-	-	-	1 (0+0+1)	1
	국외	-	-	-	-	-
	계	-	-	-	1	1
인력양성	석사	-	-	1 (0+0+1)	1 (0+0+1)	1
	박사	-	-	-	-	-
	계	-	-	1	-	1
국내외 학술대회	국내외 학술대회	-	-	1 (0+0+1)	8 (0+0+8)	6
기타	상용화	-	-	-	-	-
	시제품	-	-	-	-	-
	S/W등록	-	2 (0+2+0)	6 (1+3+2)	5 (0+0+5)	14
	기술문서	-	-	-	-	-
	성과홍보	-	-	-	-	-
	가이드라인	-	-	2 (1+0+1)	4 (0+0+4)	6
	Test-bed 결과보고서	-	-	-	1 (0+0+1)	1
	모듈 기능 검증보고서	-	-	-	1 (0+0+1)	1
	s/w모듈	-	-	4 (4+0+0)	-	4
	기타 (분석보고서, 업무정의서, 로드맵 등)	-	-	3 (2+0+1)	1 (1+0+0)	4

1-2. 연구성과 총괄(전체연구기간)

□ 총괄

구분	핵심성과	상세성과항목	질적 목표치	평가기준	가중치 (%)	양적 목표치	가중치 (%)	해당 기관	
1세부	A	연구사항 분석 요약서 및 추적 표	A-1	국내 인프라분야 BIM 적용 현황 분석	○BIM기반 프로젝트 10건 이상 사례 조 사	○사례분석의 거수 및 간 사례 별 BIM 적용 수준, 문제점 도출 여 부	-	-	한국철 도기 연구원
			A-2	분석서 및 추적 표	○수요처 담당자 인터 넷 혹은 설문조사를 통한 요구사항 수집	○수요자의 업무개선이 기반한 BIM 적용 항목 도출 여부 ○수요처 검증	논문 1건	2	한국철 도기 연구원

B	BIM 기반 철도인프라 관리·운영시스템	B-1	시스템의 사업관리 프로세스	○수요처 중심의 BIM 기반 사업관리 프로세스 구축	○수요처에서 개발된 시스템의 활용 가능성 여부 ○수요처 검증	5	-	5	한국철도연구원
		B-2	사업발주관리 모듈 통합 뷰어 개발	○설계 및 시공발주관리 통합 기능 스키마 통합 ○파일 데이터 통합 뷰어 기능 구현	○설계 정보 모델 및 이관된 기능 여부 ○스도내 현장 및 이수관리 기능 여부	10	모델 뷰어 기능 S/W 모듈 1건	15	한국철도연구원
		B-3	BIM 성과품 납품 여부 및 변경이력관리 기능 개발	○전자정보의 work flow status 및 변경이력 관리 구현	○BIM 성과품 파일의 관리 기능 구현 여부	5.5	변경이력관리 기능 S/W 모듈 1건	5	한국철도연구원
		B-4	사업관리를 위한 BIM 성과품 검사 검토 기능 개발	○납품된 BIM 모델간 간섭검토 기능 구현	○BIM 모델 간 간섭검토 기능 구현 여부	5.5	간섭검토 기능 S/W 모듈 1건	5	한국철도연구원
		B-5	사업관리를 위한 파일체력 참여자간 협업 관리 기능 개발	○시스템 안에서 파일체력 참여자간 협업 기능 구현	○협업 기능 구현 여부	5.5	협업 기능 S/W 모듈 1건	5	한국철도연구원
		B-6	통합 시스템 구축	○통합시스템 구축	○시스템 개발	5	통합 시스템 platform S/W 모듈 1건 논문 1건	10	한국철도연구원
C	BIM기반 실무수행 가이드	C-1	국내외 BIM 발주 가이드라인 분석	○국내외 발주 가이드 5건 이상 조사	○발주 가이드 분석 결과 분석의 적절성 여부 ○전문가 검증	5	-	-	한국철도연구원
		C-2	국내 발주처 사업관리 업무 분석	○수요처(한국철도시설공단) 사업관리 업무 분석	○수요처 사업관리 업무 분석의 적절성 여부	5	-	-	한국철도연구원
		C-3	철도인프라 BIM 실무수행 가이드	○가이드라인 1건	○가이드라인의 타당성	20	실무수행 가이드라인 1건 논문 1건	20	한국철도연구원
D	BIM기반 사업활용을 위한 정책개발	D-1	국내외 BIM 확산 정책 분석	○BIM 확산에 가장 앞선 국가의 정책 확산 정책 분석	○분석의 적절성 및 연구방향 설정의 타당성	4	-	-	한국철도시설공단
		D-2	BIM 발주를 위한 관련법 검토 및 정책 제안	○국내 실정을 고려한 BIM 발주 방안 도출 1건	○정책 도출 여부 ○관계부처 의견 수렴	4	-	-	한국철도시설공단
		D-3	BIM 발주 실용화 방법론 개발	○발주 실용화를 위한 단계별 로드맵 제시	○로드맵의 타당성	4	-	-	연세대학교
		D-4	BIM 확산 체계 개발	○국내 실정을 고려한 BIM 확산 체계 도출	○확산 정책 도출 여부	4	-	-	연세대학교
		D-5	BIM 확산체계 방법론 개발	○철도인프라 BIM 확산을 위한 단계별 로드맵 제시	○로드맵의 타당성	4	확산 정책 및 로드맵 1건	17	연세대학교
E	BIM 도입효과 분석	E-1	철도인프라 BIM 활용사례 및 분석	○철도인프라 국제 BIM 사용 조사/분석 1식	○결과 보고서 ○전문가 검증	0.5	-	-	인천대학교
				○데이터 확보·활용 1식	○데이터의 적절성	1	-	-	인천대학교
		E-2	GIS 활용비용 분석	○환경비용 분석서 1식	○비용 분석의 적절성 ○전문가 검증	1.5	논문 1건	2	인천대학교
○세미나 개최 1회	○세미나 개최 건수	0.5		-	-	인천대학교			
F	BIM기반 도합영역관리체계 관련 사전·사후 분석서	F-1	BIM 활용 철도인프라 편익분석	○BIM 미적용 철도인프라 편익분석 1식	○편익 분석 결과의 적절성 ○전문가 검증	1.5	-	-	인천대학교
				○BIM 적용 철도인프라 편익분석 1식	○편익 분석 결과의 적절성 ○전문가 검증	1.5	편익분석서 1건	12	인천대학교
		F-2	편익분석 비교	○두 가지 편익분석 비교 검토 1식	○편익 분석 결과의 적절성	1.5	논문 1건	2	인천대학교
				○세미나 개최 1회	○세미나 개최 건수	0.5	-	-	인천대학교
1세부 합계						100	논문 5건 S/W 모듈 4건 기타 4건	100	

1-3. 연차별 연구성과

□ 1차년도

구분	상세성과항목	질적 목표치	평가기준	가중치 (%)	달성도 (%)	양적 목표치	가중치 (%)	달성여부	비고	해당기관
1세부	A-1 분석서 및 추적표	○요구사항 설문	○설문 회수율	18.2	100	-	20	-	32부 회수	한국철도기술연구원
		○세미나 개최	○결과 보고서	12.1	100	-	10	-	1회	

B-1	BIM 정보 구성요소 구성체계 정립	○데이터 스키마 및 데이터 구성체계 구성	○결과 보고서	18.2	100	-	15	-	원
D-1	BIM 정보구성요소 구성체계 정립	○철도인프라 시설물 분류체계구축	○결과 보고서	18.2	100	-	10	-	
E-1	유사정책 및 확산체계 조사	○유사 정책, 법령 조사	○결과 보고서	6.1	100	-	10	-	한국철도시설공단
F-1	철도인프라 계획안 사례 및 데이터 구축	○철도인프라 과제 지리정보 사용 조사/분석	○결과 보고서	6.1	100	-	10	-	인천대학교
		○데이터 확보·활용	○결과 보고서	9.1	100	-	10	-	
I-1	국내의 BIM체계 및 가이드라인 조사 / 분석	○국내외 BIM체계 및 가이드라인 조사/분석	○결과 보고서	6.1	100	-	15	-	(주)아이디엠이앤씨
1세부 합계				100		-	100		

□ 2차년도

구분	상세성과항목	질적 목표치	평가기준	가중치 (%)	달성도 (%)	양적 목표치	가중치 (%)	달성여부	비고	해당기관	
1 세 부	A-2	분석서 및 추적표	○수요처 담당자 인터뷰 혹은 설문조사를 통한 요구사항 수집	5	100	논문 1건	50	달성	논문 1건	한국철도기술연구원	
	B-1	시스템의 사업관리 프로세스 설계	○수요처 중심의 BIM 기반 사업관리 프로세스 상세 설계	10	100	-	-				
	B-2	사업발주관리 모니터링을 위한 통합 뷰어 개발	○설계 및 시공관리를 위한 표준 데이터 스키마 형식의 성과품 통합뷰어 기능 상세 설계	10	100	-	-				
	B-3	BIM 성과품 납품 여부 및 변경 이력관리 기능 개발	○전자정보의 work flow status 및 변경이력 관리 기능 상세 설계	10	100	-	-				
	B-4	BIM 성과품 간섭체크 기능 개발	○납품된 BIM 모델간 간섭체크 기능 상세 설계	10	100	-	-				
	B-5	프로젝트 참여자간 협업 관리 기능 개발	○시스템 안에서 프로젝트 참여자간 협업 기능 상세 설계	9	100	-	-				
	C-2	국내 발주처 사업관리 업무 분석	○수요처(한국철도시설공단) 사업관리 업무 분석	8	100	-	-				
	C-3	철도인프라 BIM 실무 수행 가이드	○BIM기반 실무 수행 가이드 상세 설계	○가이드의 상세 설계 타당성	8	100	-	-			(주)아이디엠이앤씨
			○BIM기반 철도인프라 업무 및 협업 절차 분석	○업무 및 협업 절차 분석의 타당성	5	100	-	-			
D-2	BIM 발주를 위한 관련 법 검토 및 정책 제안	○국내 실정을 고려한 BIM 발주 방안도출 1건	○정책도출 초안	4	100	-	-		한국철도시설공단		

E-3	BIM 발주 실용화 방법론 개발	○BIM 발주 실용화 정책 구성 필요요소 조사 분석 ○발주 실용화를 위한 단계별 로드맵 초안 제시	○필요요소의 적정성 ○로드맵 초안의 타당성	3	100	-	-			연세대학교
E-4	BIM 확산 체계 개발	○BIM 확산체계 구성 필요요소 조사 분석	○필요요소의 적정성	3	100					
E-2	GIS 활용 환경적 비용분석	○환경비용 분석서 1식	○비용 분석의 적절성 ○전문가 검증	4	100	논문 1건	50	달성	논문 1건	인천대학교
		○선형계획 대안 검토	○결과 보고서	2	100		-			
		○세미나 개최 1회	○세미나 개최 건수	4	100		-			
1세부 합계				95		논문 2건	100			

□ 3차년도

구분	상세성과항목	질적 목표치	평가기준	가중치 (%)	달성도 (%)	양적 목표치	가중치 (%)	달성 여부	비고	
1세부	B-1	시스템의 사업관리 프로세스 설계	○수요처 중심의 BIM기반 사업관리 프로세스 구축	○수요처에서 개발되는 시스템의 기능성 여부 ○수요처 검증	8	100	-	6		
	B-2	사업발주관리 모니터링을 위한 통합 뷰어 개발	○설계 및 시공발주관리를 위한 기능 통합 ○플랫폼 데이터 통합 ○플랫폼 성과물 통합 뷰어 기능 구현	○설계 및 시공발주관리 위한 BIM기반 뷰어 기능 여부 ○모델 형식 및 속성 정보뷰어 기능 여부 ○이슈관리 기능 여부	8	100	모델 뷰어 기능 S/W 모듈 1건	6	달성	모델 뷰어 기능 S/W 모듈 1건
	B-3	BIM 성과물 납품 여부 및 변경이력관리 기능 개발	○전자정보의 work flow status 및 변경이력 관리 기능 구현	○BIM 성과물 파일 관리 기능 구현 여부	8	100	변경이력관리 기능 S/W 모듈 1건	6	달성	변경이력관리 기능 S/W 모듈 1건
	B-4	사업관리를 위한 BIM 성과물 간섭검토 기능 개발	○납품된 BIM 모델 간 간섭검토 기능 구현	○BIM 모델 간 간섭검토 기능 구현 여부	8	100	간섭체크 기능 S/W 모듈 1건	6	달성	간섭체크 기능 S/W 모듈 1건
	B-5	사업관리를 위한 프로젝트 참여자간 협업 관리 기능 개발	○시스템 안에서 프로젝트 참여자간 협업 기능 구현	○협업 기능 구현 여부	8	100	협업기능 S/W 모듈 1건	6	달성	협업기능 S/W 모듈 1건
	B-6	통합 시스템 구축	○통합시스템 구축	○시스템 개발	15	100	통합 시스템 platform S/W 1건	20	달성	통합 시스템 platform S/W 1건
	C-3	철도인프라 BIM 실무 수행 가이드	○가이드라인 1건	○가이드라인의 타당성	15	100	실무수행 가이드라인 1건 논문 1건	18	달성	실무수행 가이드라인 1건 논문 1건
	D-2	BIM 발주를 위한 관련 법령 검토 및 정책 제안	○국내 실정을 고려한 BIM 발주 방안도출 1건	○법령검토와 발주 정책 제안	9	100	-	-		
	D-3	BIM 발주 실용화 방법론 개발	○발주 실용화를 위한 단계별 로드맵 제시	○로드맵의 타당성	4	100	-	-		
	D-4	BIM 확산 체계 개발	○국내 실정을 고려한 BIM 확산 체계 제안	○확산 체계의 적정성	4	100	-	-	달성	
	D-5	BIM 확산체계 방법론 개발	○철도인프라 BIM 확산을 위한 로드맵 제시	○로드맵의 타당성	3	100	확산 정책 및 로드맵 1건	24	달성	
	E-1	BIM활용 철도인프라 편익 분석	○BIM 미적용 철도인프라 편익분석 1식	○편익 분석 결과의 적절성 ○전문가 검증	5	100	-	-		
			○BIM 적용 철도인프라 편익분석 1식	○편익 분석 결과의 적절성 ○전문가 검증	5	100	-	8		
	1세부 합계				100		논문 1건 S/W 1건 S/W 모듈 4건 기타 3건	100		

□ 4차년도

구분	상세성과항목		질적 목표치	평가기준	가중치 (%)	달성도 (%)	양적 목표치	가중치 (%)	달성여부	비고
1 세 부	B-6	통합 시스템 구축	○시범사업지 적용을 통한 시스템 검증 및 보완	○시스템의 원활한 운영 가능 여부	30	100	논문 1건	50	달성	논문 1건
	C-3	철도인프라 BIM 실무 수행 가이드	○가이드라인 검증 및 보완	○가이드라인의 타당성 ○전문가 검증	20	100	-	10		
	D-2	BIM 발주를 위한 관련 법 검토 및 정책 제안	○BIM 발주 정책 관계부처 협의	○관계부처 협의 여부	10	100	-	-		
			○관련 부처 의견 수렴 및 정부 법제화 활동 지원	○정책 실용화를 위한 활동의 타당성	10	100	-	-		
	D-3	BIM 발주 실용화 방법론 개발	○검토 및 보완	○로드맵의 타당성	5	100	-	-	달성	
	D-4	BIM 확산 체계 개발	○검토 및 보완	○확산 정책 도출 여부	5	100	-	-	달성	
	D-5	BIM 확산체계 방법론 개발	○검토 및 보완	○로드맵의 타당성	5	100	-	-	달성	
	E-2	편익분석 비교	○두 가지 편익분석 비교 검토 1식	○편익 분석 결과의 적절성	10	100	편익분석서 1건 논문 1건	40	달성	편익분석서 1건 논문 1건
			○세미나 개최 1회	○세미나 개최 건수	5	100				
1세부 합계					100		논문 2건 편익분석서 1건	100		

2. 관련 분야 기여도

1. 철도인프라 BIM 도입에 대한 편익

가. BIM 활용인식 및 차별성

- (1) 국내 BIM 활용은 건축물 설계를 중심으로 시작하였기 때문에 활용 및 효과에 대한 인식이 부분적인 단계로 한정되는 한계가 있음
- (2) 해외사례의 경우 BIM 활용은 시공분야에 한정되어 있지 않고 기획, 관리, 복합부분까지 다양하게 해당되고 그 효과에 대한 분석에 대한 연구가 활발히 진행되고 있음
- (3) 철도인프라 BIM 도입에 대한 편익분석은 철도인프라의 경우 구조의 단순함, 프로젝트 비용의 차이 등의 차별성을 고려하더라도 BIM 활용인식 개선에 기여도가 높다고 판단됨

나. 실시설계 단계에서의 BIM 활용

- (1) 부분적으로 BIM 모델을 활용하는 전환설계는 2D 기반 작업에서 발생하는 기존의 오류를 발견, 확인, 해결 등으로 인한 추가 비용 및 시간을 발생시키는 것으로 프로젝트 초기 단계에서부터 BIM 기반 3D 설계 프로세스 적용 전략이 필수적임
- (2) 부분적으로 BIM 모델을 활용한 프로젝트에 비해 건물 전체 구조, 건축, MEP 모델 등 전체적으로 BIM 모델을 활용한 프로젝트에서 상이 이슈 및 시공성 이슈 등의 설계오류 이슈발견 기여도가 높음
- (3) 시공성과 간섭 이슈의 경우 2D 도면이 아닌, BIM을 활용한 3D에서 확인이 가능한 설계오류로서 시공단계에서 발생 가능한 추가 비용 및 시간 감소에 기여할 가능성이 있음

다. An Effectiveness Analysis of Building Information System (BIM) for Risk Management

- (1) BIM을 초기에 사용한 사례와 지속적으로 사용한 사례의 투자자본수익률(return-oninvestments)을 비교 분석하여 BIM 활용의 경제적 파급효과를 예측 가능
- (2) BIM의 단발적인 활용, 즉 1회성 사용은 프로젝트 비용절감에 거의 영향을 미치지 않고, BIM을 프로젝트 기간 동안 지속적으로 사용하는 것은 공사 기간을 감축시키고 결과적으로 비용을 감소시키는 결과로 나타남
- (3) 비용의 감소는 결국 투자자본수익률의 증가로 이어졌으며 이로 인해 프로젝트는 상당한 금전적 이익을 취할 수 있음.
- (4) BIM을 활용함에 따라 예측 가능한 다양한 위험요소들을 사전에 발견하여 대비책을 강구하고 준비를 함으로 기존의 예측 불가능한 요소의 수를 현격히 줄임으로 나타난 현상인데 이는 주어진 상황에 최적의 해결책을 제시하는 정보모델링의 바람직한 활용의 예라고 볼 수 있음.

라. 비용편익분석 입문 : 기초 원리와 사례

- (1) B/C 분석의 실무 작업은 정책 수행에 소요되는 비용 그리고 정책 수행을 통해 얻게 되는 편익을 실제 계산하는 작업이며 현실에 존재하지 않은 상황을 추론하기 위한 작업에도 필요하며, B/C 분석에 제대로 된 수행을 진행하기 위해 정책 수행의 목적의 분명함과 사회적 활동의 “적정 수준” 파악
- (2) 비용과 편익의 추정에 있어서 대안과 관련된 편익과 불편익은 금전적 가치로 계량화되는 것이 바람직하며, 타당성 있고 신뢰성 있는 방법으로 측정되는 것이 중요
- (3) 정부사업이나 투자의 긍정적 효과는 한 정부기관에 대해서가 아니라 사회 전체에 바람직한 결과를 의미

마. 비용편익분석 이론과 기업의 최신 동향 연구

- (1) B/C 비율은 사업의 순편익 규모를 제시하지 않는 대신 비용 대비 편익의 비율만 보고하며, 순편익의 절대규모가 상대적으로 크지만 B/C 비율은 낮은 사업보다는 사회적 파급효과가 낮지만 비용-편익 비율이 큰 사업이 선정될 가능성이 높음
- (2) 사업의 관심이 비용 대비 편익의 극대화보다는 순편익의 절대적 크기가 더 큰데 있다면 B/C 비율보다는 순 현재가치를 사용하는 것이 합리적

2. 국내 철도사업 BIM적용 및 활성화

가. 중장기 단계적 적용을 위한 로드맵 도출

- (1) 철도시설 분야의 BIM(Building Information Modeling) 도입 및 기술 확산을 촉진하기 위한 중장기 전략의 수립 첫 걸음으로 「철도 BIM 로드맵 2030」을 제시하였다. 국내외 철도시설산업의 BIM 도입현황 및 기술 동향 등에 관해 분석하고 이를 통해 BIM 기반 철도 인프라 발주 실용화 방법 및 확산 체계 프레임워크를 제안 하였다. 또한 국내외 공공분야의 BIM활용 특성과 국민 및 공익을 위하는 역할에 따른, BIM 도입 현황과 확산 체계를 분석하였다. 특히 발주자 입장에서 실용적으로 활용 가능할 수 있도록 제안하는데 주안점을 두었다. 유지관리 및 자산관리의 경우 사후 대응적인 기존 방식과 달리 초기부터 생산되는 BIM정보를 활용하여 선제적 관리체계로 전환이 가능하여 「철도 BIM 로드맵 2030」의 역할이 크다고 하겠다. 기존의 설계-시공-유지관리 업무프로세스의 2D 도면 기반에서 정보 단절되는 한계와 생산성이 정체되는 문제점을 해결하고, 인프라시설의 자산관리 및 유지관리의 통합적인 관리 필요성에 따라 추진된다. BIM 도입의 목적은 첨단기술 확보라는 기술적 요인뿐만 아니라 국내외 정부와 공공부분에서의 정책적 BIM도입 의지 그리고 업무프로세스 변화 필요성에 기반해서 주도되고 있다.
- (2) 실제 철도사업 수행에 본격적으로 BIM 도입을 수행한 영국의 Crossrail 사례에서도 이러한 점을 알 수 있었다. 즉, 사업 전체적 관점에서 사업 초기 사전검토 단계에서부터 정확한 데이터와 3차원 시각화 검토를 통해 합리적 의사결정이 가능하고, 여기서 만들어진 데이터를 기반으로 설계 및 시공, 현장에서의 위험을 사전 예방 할 수 있으며 유지관리 및 자산관리에 정보를 재활용 할 수 있다. 이 과정에서 VR, MR 등 3차원 기반의 시각적 검토를 통해 보다 쉽고 정확한 상호간 커뮤니케이션과 대안을 찾을 수 있다.

나. 현재 철도시설공단의 특징 및 현황

- (1) 사업 추진 시 철도산업의 공종의 수가 일반 건설에 비해 월등히 많다. 철도시설의 특성상 공사 구간이 길고 대규모이다. 따라서 여러 지자체와 업무협약의 및 작업환경 검토가 필요하다. 국민의 공익을 위하고 국토의 발전에 미치는 영향이 지대한 SOC사업 특성상 기존 시설의 개선 및 유지관리/자산관리 역량이 매우 중요하다. 철도시설공단에서 현재 운영 중인 열차 선로와 연계되는 공사를 수행해야 하는 경우 제약이 많다. 3차원 검토 및 시뮬레이션을 통한 커뮤니케이션이 반드시 필요하다.
- (2) 실무자 설문 및 전문가 자문을 통해 조사한 철도산업의 BIM 도입의 장애요인은 다음과 같았다. 장기적 관점의 발전 전략 및 실무자 가이드라인 부재로 BIM기반 작업결과물/성과품 활용에 제한적이다. BIM도입은 비교적 최근의 기술발전에 의한 것으로 BIM 도입에 따른 사회적, 경제적 편익분석 등 사업추진에 근거가 되는 제반 자료가 기존의 2D기반 사업성 검토에 비해 충분히 확보되지 않았다. BIM활용이 가능한 전문인력이 철도시설공단 내에 많지 않고, 교육 및 홍보가 부족하다. 현장에서의 변수가 많은 토목 구조의 특성상 자동화 기술만을 신뢰하는 것에 대한 확신이 부족하다.
- (3) 이러한 철도산업의 특성과 BIM 도입의 장애요인을 극복하기 위하여, PPT프레임 (PPT: People, Process, Technology)에 기반한 「철도 BIM 2030 로드맵」을 제안하였다. 「철도 BIM 2030 로드맵」은 각 단계별 구체적인 BIM정보 활용 방안을 목표로 2018년부터 2030년대까지 BIM 도입 및 확산을 위한 인적(people), 절차적(process), 기술적(technology) 관점에서 PPT 프레임에 맞추어 중장기 전략을 제안하였다. PPT 프레임은 기술을 사용하는 사람과, 그 절차, 적용되는 기술의 수준을 고려할 때 성공적 정착이 가능하다는 것을 전제로 하는 BRP(Business Reengineering Process) 중 하나이다. PPT 프레임에 기반하여 철도BIM의 기술적 성숙 단계를 5개 단계로 (BIM 1부터 BIM 5 단계까지) 구성되었다.

제5장. 연구개발성과의 활용계획

4-1. 연구개발성과의 활용방안

□ 1세부 : BIM 기반의 철도인프라 관리 체계 구축

- BIM기반 철도인프라 정보 통합 운영·관리 체계 구축
 - BIM기반 사업관리 시스템 구축을 통해서 BIM기반의 해외철도 발주 사업에서 수주 가능성 증대
 - BIM기반 사업관리 시스템을 통해 발주처가 BIM 설계 성과품의 시각화, 간섭체크, 변경이력 관리 등의 BIM 활용 가능
 - 납품된 모델링 데이터를 프로젝트 단계별로 활용하기 때문에 전 생애주기 별 정보손실 감소 가능
 - 프로젝트 참여자가 시간과 공간에 제약 받지 않고 시스템 활용 가능
- BIM기반 프로젝트 실무 수행 가이드 구축
 - 발주처 실무자가 BIM 발주 시 업무가이드로 활용 가능
 - BIM기반의 해외철도 발주 사업 수주 시 실무 수행 가이드로 활용
- BIM 기반 사업발주 및 확산을 위한 정책, 지침 제·개정(안)
 - 국내 철도인프라 분야 BIM 확산을 위한 생태계 마련
 - 철도인프라 BIM기반 프로젝트 발주를 위한 관련 정책 및 지침 마련
- BIM기반 관리체계 도입에 따른 경제적·사회적 편익분석
 - 거시적 관점에서의 BIM기반 편익 및 영향분석 가능
 - BIM 활용에 따른 비용 편익분석 및 경제적 파급효과 분석을 통해 BIM 도입의 긍정적 효과 도출

4-2. 기대효과

가. 기술적 측면

□ 1세부 : BIM 기반의 철도인프라 관리 체계 구축

- BIM기반 철도인프라 정보 통합 운영·관리 체계 구축
 - BIM 성과물을 체계적으로 관리할 수 있는 시스템 확보를 통해 정보 보존 가능
 - 선진화된 국외의 BIM 기반 사업관리 시스템 수준과 유사한 수준의 기술 개발 가능
 - BIM기반 사업관리 시스템을 통해 BIM 설계 성과품의 시각화, 간섭체크, 변경이력 관리 등의 BIM 기능 개발
 - 발주처 입장에서 상용 S/W에 종속되지 않는 범용성의 BIM 모델 활용 가능
- BIM기반 프로젝트 실무 수행 가이드 구축
 - 철도 발주처의 BIM 모델 활용을 위한 철도 특성의 정확한 요구사항 반영 가능
 - 모델의 작성 수준, 모델의 범위, 제출 방법 등 모델의 일관된 성과품 수준 정의
 - BIM 모델의 검토, Coordinate, 수정 등의 업무 절차 규정
 - BIM 프로젝트 참여를 위한 참여자의 BIM 능력 규정 가능
- BIM 기반 사업발주 및 확산을 위한 정책, 지침 제·개정(안)
 - 국내 철도인프라에 대한 BIM 기반 생태계 활성화 가능
 - 국내 BIM 기술자의 기술 수준 향상을 지원

-
- BIM 발주의 근거 관련 정책 및 지침을 통한 BIM기반 사업 활성화 및 체계화, 표준화 가속화

- BIM기반 관리체계 도입에 따른 경제적·사회적 편익 분석서

- 데이터베이스를 활용한 신규 프로젝트의 BIM 적용에 따른 비용절감 효과 예측
- BIM 활용에 따른 비용 편익분석 및 경제적 파급효과 분석을 위한 기초적인 이론의 틀을 제시

나. 경제적·산업적 측면

□ 1세부 : BIM 기반의 철도인프라 관리 체계 구축

- BIM기반 철도인프라 정보 통합 운영·관리 체계 구축

- 프로젝트 단계 간 정보손실 감소로 실무자의 데이터 생성의 재작업 방지 및 업무 효율 증대
- 프로젝트 단계 간 생애주기 정보 관리를 통하여 정보의 손실로 인한 손해를 방지 가능
- 생애주기 개념의 정보 통합 운영·관리 체계 구축을 통해서 설계 및 시공 단계별 정보의 생성 및 관리의 일관성이 보장
- 설계 정보의 품질향상, 시공단계 설계변경 최소화, 의사소통 향상, 불필요한 반복 작업 방지 등을 통한 건설비용 절감 및 생산성 향상
- 국외의 철도인프라 발주 시 BIM 기반 프로젝트가 의무화되고 있는 추세이며, 철도차량 중심의 기술력 향상에 더불어 철도인프라 건설 관련 기술력 확보를 통하여 해외 철도시장 수주에서의 경쟁력 확보
- 해외 기술의 국산화를 통하여 수입대체 효과 기대

- BIM기반 프로젝트 실무 수행 가이드 구축

- 철도인프라 BIM 도입으로 입찰부터 시공까지 참여자간의 정확하고 효율적인 정보의 생성 및 공유 가능
- 설계·시공 관련 엔지니어링 체질 개선 및 생산성 향상으로 사회적인 비용의 감소
- 설계 정보의 품질향상, 시공단계 설계변경 최소화, 의사소통 향상, 불필요한 반복 작업 방지 등을 통한 건설비용 절감 및 생산성 향상
- 정보의 효율적 관리능력 향상으로 인한 사회적 비용 감소
- 국가적 차원의 투자를 통해 철도 인프라 유지관리 분야의 정책을 조기에 수립하여 유지관리 정보 모델링 가이드와 같은 지침의 개발을 도모할 수 있으며, 특화된 표준 프로세스 개발을 통해 국가 철도시설관리의 통합 표준화 체계를 구축할 수 있음

- BIM 기반 사업발주 및 확산을 위한 정책, 지침 제·개정(안)

- 철도인프라 분야의 BIM 도입 및 확산 정책을 통해 국내의 고급 BIM 기술 인력의 양성이 가능
- 새로운 기술도입에 따른 고기능 일자리 창출과 새로운 비즈니스 모델 생성, 국외의 BIM 사업분야 진출 등의 BIM기반 철도건설산업 생태계 구성으로 신규 일자리 창출 및 부가가치 효과기여
- 정책적 지원으로 인한 철도인프라 시장에 BIM 기반의 생태계 구성 촉진
- 체계적 성과 확산 및 정책으로 인한 시범 사업 경험으로 국제적 경쟁력 확보

- BIM기반 관리체계 도입에 따른 경제적·사회적 편익 분석서

- 데이터베이스를 활용한 신규 프로젝트의 BIM 적용에 따른 비용절감 효과 예측을 통해 BIM 도입의 근거 마련
- BIM 활용에 따른 비용 편익분석 및 경제적 파급효과 분석을 통해 BIM 도입의 긍정적 효과 제시 가능
- 철도인프라 관련 분야의 BIM활용 사례 연구를 통해 불필요한 활용 방지로 인한 손실 비용 절감 및 비용효율 최적화

제6장. 연구 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보

1. Blackfoot Crossing

가. 기획 분야

(1)개요 : 캐나다 앨버타 내의 블랙풋 크로싱 역사 공원은 블랙풋 시민들의 문화와 교육 박물관, 관광 명소

(가)BIM 적용부분 : 건축 패널에 BIM 소프트웨어를 처음 사용한 바와 같이 도면들은 마지막 수정을 위해 추출되었고 표준 승강기 고리의 디테일한 제조업체의 세부사항들을 CAD로 추출

2. Eagle Ridge

가. 관리 분야

(1)개요 : 이글 릿지 프로젝트는 22 개의 건물로 구성된 주거 단지이다. 모든 건물 구조들은 4층 또는 6층으로 22.2m X 90m

(가)BIM 적용부분 : 모델의 부품들이 수정된 경우 도면에서의 치수가 손상되었고 이를 BIM 소프트웨어로 수정하고 신중히 검토

3. Presidio Parkway Project

가. 관리 분야

(1)개요 : Presidio Parkway Project는 골든게이트 다리와 샌프란시스코 사이를 이어서 아름다운 지역의 상징적인 요소를 만들고 생물, 문화, 자연 자원에 긍정적인 도로를 만들기 위해 노력함

(가)BIM 적용부분 : BIM을 기반으로 설계와 3D시각화, 건설 시뮬레이션 등 전체 디자인의 전반적 관리를 맡았으며 팀의 초기 설계 대안들을 확인하고 분석하는 기능을 제공. 이를 통해 관리와 협업에도 효율을 가져옴

4. New Road between MacRitchie Viaduct and Adam Flyover

가. 시공 분야

(1)개요 : MacRitchie Viaduct는 톰슨에 있는 Braddell 도로 위의 확장과 함께 만들어진 육교로써, Lornie 도로와 톰슨 도로를 연결해주는 싱카폴에 위치한 다리

(가)BIM 적용부분 : 프로젝트 및 입찰에 빌딩 정보 모델링 (BIM) 도입 및 실행, 더불어 3D BIM 모델링과 BIM 모델의 감독을 담당하고 도시의 교통처리계획 및 검토 등 설계 전반에 걸쳐 BIM 기술을 활용

5. SR 143 Sky Harbor Interchange

가. 기획, 설계 분야

(1)개요 : 미국 아리조나주 SR 143 Sky Harbor Interchange 입체교차로 건설 시 공간 정보와 연계하여 BIM 기술을 이용한 시각화로 경관과 하부 공간 확보, 수량검토 등의 계획 주체들 간에 협업을 지원하고 주민설명회 등의 홍보에도 활용

(가)BIM 적용부분 : 미국 아리조나주 SR 143 Sky Harbor Interchange 입체교차로 건설 시 공간 정보와 연계하여 BIM 기술을 이용한 시각화로 경관과 하부 공간확보, 수량검토 등의 계획 주체들 간에 협업을 지원하고 주민설명회 등의 홍보에도 활용함

6. Haljala project

가. 관리 분야

(1)개요 : Haljala 북부 LääneN/AViru County 에 있는 작은 자치구이다. 이 지역교구 근방의 행정 중심지이며, 1,084명이 거주하는 도시이며, 도로 및 고가도로 설계를 통해 경제적 사회적으로 발전을 유도

(가)도로 및 고가도로 설계에서 교통흐름의 시각화, 토공유동량 최적화, 도시미 공사 시 교통처리 계획 검토 등 설계 전반에 걸쳐 BIM 기술을 활용

7. SH18 Hobsonville Deviation

가. 기획, 시공 분야

(1) 개요 : 고속도로 18 Hobsonville 프로젝트는 하버 브리지의 서쪽 끝에서부터 도로 북서부 고속도로의 끝을 이어주는 4차선 도로

(가)BIM 적용부분: 도로계획 및 토공유등 최적화를 수행한 사례로서, 3차원 모델을 이용하여 설계 변경 시 발생하는 새로운 토공량 산출을 수 시간 내에 완성할 수 있도록 하여 획기적인 시간 단축 효과를 봄

8. Gallipoli underpass

가. 기획 분야

(1)개요 : 갈리폴리 지하도는 애들레이드에서 가장 붐비는 간선 도로의 두 교차점에 위치하며, 교통 인프라의 중요한 부분으로 도시의 경제와 사회의 미래에 시간적 경제적으로 도움이 되는 장소

(가)BIM 적용부분 : 호주의 지하차도 현장에 BIM을 적용한 사례로써 기존 도로의 원활한 교통 흐름을 위해 BIM 모델을 구축하여 다양한 교통처리 시나리오를 분석하여 적용한 사례

9. Palmetto Section 5N/ASR826/836

가. 기획 분야

(1)개요 : 이 프로젝트(Palmetto Section 5N/ASR826/836)는 16마일의 도로가 주요 건설요소이며 12개의 파트로 나누어 고속도로를 설계하였고 (S.R. 826)개선 프로그램의 마지막이자 최대 규모의 섹션

(가)BIM 적용부분 : 구조체의 3D 모델링 뿐 아니라, 구조해석과 철근 배근에까지 BIM이 활용되었으며, 설계단계에서 구축된 BIM을 계획변경과 시공 시에도 활용함으로써, 사업 단계간 정보의 공유라는 BIM의 장점을 살린 경우

10. Adams Street Bridge

가. 기획 분야

(1)개요 : 프로젝트를 통해, FDOT은 유니온 역에 다리를 설치하여 보행자 접근을 편리하게 하는 역할을 수행하고 준공 년도부터 일부 밤과 주말에 폐쇄 예정30을 제외하고, 지속적인 편리함을 제공

(가)BIM 적용부분 : 교량과 입체교차로에 BIM 기술을 이용한 시각화를 통하여 경관과 하부공간 확보, 수량 검토 등 계획 주체들 간에 협업을 지원하고, 주민설명회 등의 홍보에도 활용한 사례

11. Crossrail Project

가. 전생애주기

(1)개요 : Crossrail Project는 영국 남동부와 런던지역을 잇는 철도노선으로 영국 사상 최대의 인프라 사업으로 50만 인구를 45분안에 비즈니스 중심 지역까지 통근하는 것을 목표로 함

(가)BIM 적용부분 : Crossrail은 BIM을 통해 가시성 있는 설계와 시공이 가능해졌으며, 복잡하고 상세한 검토와 시공성 개선을 통해 오류를 감소시켰다고 밝히고 있으며 이는 통합된 3D 모델을 기반으로 한 가상 건설 협업을 통해 가능하였음을 언급함

12. Middle Marsyangdi 발전소

가. 시공 분야

(1)개요 : 네팔의 카트만두 서쪽에 위치한 Middle Marsyangdi 발전소 프로젝트는 댐, 지하통로, 6km 길이의 도수로, 여러 서비스 건물 등 다양한 구조물들이 지상과 지하에 놓이는 형태

(가)BIM 적용부분 : 계획단계에서 BIM 을 적용하여 복잡한 구조물들을 3 차원으로 모델링하고 간섭 체크 및 시설물 위치 등 시공성 검토와 토공, 콘크리트, 철근의 수량 등을 산출

13. 해외 주요국가의 공공분야 BIM 도입현황

공공발주자 관점에서 BIM 정책 현황(미국, 핀란드, 영국, 싱가포르 등 대표적인 국가중심)

(1) 미국

공공분야와 민간분야에서 모두 적극적으로 BIM 도입을 하고 있으며, 건설 전분야에 걸쳐 BIM이 활발하게 도입되고 있다. 미국의 경우, 다른 나라에 비하여 민간주도의 BIM 도입성향이 강하면서도, 각 주의 교통부(DOT: Department of Transportation)와 GSA(General Services Administration), 공병단(USACE) 등을 중심으로 공공분야에서도 지속적이고 활발히 BIM 사업을 수행하고 있다.

2000년대 후반부터 NIBS(National Institute of Building Sciences), bSA(buildingSMART Alliance), GSA, AIA(American Institute of America) 등의 단체를 통하여 발간된 BIM 사례보고서와 매뉴얼 등이 세계적으로 참조되고 있다.

그 중 2007년부터 발간된 NBIMS(National BIM Standards)는 핀란드의 COBIM과 함께 전 세계의 BIM 가이드에 가장 많은 영향을 주고 있다.

(2) 핀란드

핀란드의 공공기관인 Senaatti(Senate Properties)는 일찍 BIM의 필요성을 인지하고, 2001년부터 BIM 파일럿 프로젝트를 수행하고 있다.

특히 2007년 핀란드에서 발간한 COBIM(Common BIM Requirements)는 가장 먼저 발간된 BIM 가이드 중의 하나이자, 건설프로젝트 전 생애에 걸친 방대한 내용을 미국의 NBIMS와 함께 이후 발간된 전 세계 BIM 가이드에 많은 영향을 주었다.

COBI은 설계와 시공, 유지관리 등 각 단계에서 모델에 대한 데이터 및 콘텐츠 요구사항을 규정하고 있다.

(3) 영국

영국 정부는 GDP의 약 7% 규모를 가지는 건설산업 분야의 건설생산성 향상 및 선진화를 위하여 2011년부터 공공건설 프로젝트에 BIM적용의 의무화 사업을 추진하였으며, 2016년 4월부터는 영국 BIM 수준 2단계(UK BIM Level 2)의 적용을 의무화하고 있다.

각 BIM 단계별 제출물이나 절차 등에 관하여 영국표준(BS 1192 시리즈)로 정의하고, 그 내용을 웹 사이트(<http://bim-level2.org/>), 온라인 동영상 등 각종 홍보자료를 만들어 산업계에 널리 배포, 홍보, 교육하고 있다.

이러한 체계적이고 전략적인 접근의 결과로, 영국이 미국, 북유럽, 싱가포르 등에 비하여 상대적으로 늦게 BIM 의무화가 진행되었음에도 현재는 영국의 BIM 가이드가 전 세계적으로 가장 많이 참조가 되고 있다.

(4) 싱가포르

싱가포르의 BCA(Building & Construction Authority)는 2010년부터 10년 이내에 건설생산성을 25% 향상시키기 위하여 BIM 적용을 의무화하면서, 산업계 지원책과 BIM 가이드, 다양한 정책을 마련하였다.

영국과 마찬가지로, 정부 주도의 BIM정책 웹사이트(<http://bimsg.org/>)를 만들어 산업계가 정책을 쉽게 따라올 수 있도록 다양한 정책 및 교육자료를 홍보, 배포하고 있다.

최근에는 BIM과 DfMA(Design for Manufacture and Assembly)를 근간으로 하는 IDD(Integrated Digital Delivery)를 새로운 목표로 제시하였다

14. 해외 철도 BIM 도입 현황

(1) 홍콩, MTR 프로젝트:

-개요: 홍콩 MTR(Mass Transit Railway)에서 2015년까지 진행되는 고속철도 및 West Kowloon 터미널 건설 프로젝트로, 가장 큰 터미널은 4개 지하층에 15개 플랫폼으로 구성되어 있으며 이용자 수는 매주 4백만명 이상이다.

-활용: 주로 설계 및 시공단계에의 BIM도입이 두드러졌으며 주요 활용 내용은 공간 간섭 체크, 시공성 검토, 현장 협업 및 조율, 공정관리 등 이며, 이를 통해 리스크를 줄이고자 하였다.

-특징: 설계, 시공단계에서 BIM이 활발히 활용된 반면, 시설물의 유지보수 단계까지는 활용이 되

지 않았다.

(2) 일본 JR (Central Japan Railway) 프로젝트:

-개요: 동일본 대지진 복구를 위한 프로젝트로 1,120억 달러의 예산이 투입되었고 본 프로젝트를 위해 '3D model design support system'을 개발 하였으며 주요 BIM설계 도구로 Civil3D, Revit Structure 등이 활용되었다.

-활용: BIM 모델은 기존 선로 복구를 위해 시공 기간 단축, 수량 및 견적, 대지진 복구 계획에 활용할 수 있도록 개발 되었으며, 개발된 시스템은 철로작업 생산성 개선을 위해 활용되며 기존 선로의 개선 및 유지보수에 활용되도록 하였다. 상용화된 BIM 도구를 활용하여 지형, 구조, 3D 포인트 클라우드와 같은 다양한 모델을 관리하게 한다.

-특징: JR East Consultants 사에서 개발한 'Railway GIS'와 연계되어 철도 모델, 도면, 위성 이미지 등을 관리할 수 있으며 기존의 오래된 선로나 새로운 선로 계획 등에 효과적으로 활용될 수 있도록 하였다.

(3) 미국 Measure R 프로젝트:

-개요: LA시의 교통문제를 해결하기 위하여 약 42조원의 예산으로 2030년까지 12개 프로젝트(이중 6개는 지하철 프로젝트)를 통해 대중교통 인프라를 확충하는 프로젝트이다.

-활용: 2010년까지는 기존의 2D 방식으로 설계가 계획되었으나 2011년부터 BIM도입을 검토하여 2012년도에는 모든 프로젝트에 대해 BIM 도입을 결정하였다.

-특징: 주로 설계 및 시공단계에 BIM 도입 및 활용하였고, 일본 표준에 맞게 설계되도록 시스템을 개발 하였다.

(4) 영국 - East London Line 프로젝트:

-개요: 2012년 하계 올림픽을 위한 철도 네트워크 확장으로 기존철도 East London Line과 연결되는 남북 간 노선 확장 프로젝트에 BIM 기술을 적용하였다.

-활용: 주계약자(URS Scott Wilson)는 합작사에게 BIM 모델링 정보 (정거장 4개, Warren 트러스 교량 2개, 아치 교량, 고가교 3개에 대한 상세설계) 를 제공하였고 전체 팀은 협업 솔루션을 통해 실시간으로 협업이 가능하였다.

-특징: 15개 사무소에 분산되어 있는 300명 이상의 전문가가 엔지니어링 정보를 공유와 의사소통 작업이 신속하게 진행되어, 기존에 비해 25% 이상 작업시간을 절감하였다.

(5) 영국 - Crossrail 프로젝트

-개요: 2017년 개통을 목표로 총 연장 118km 14.8백만 파운드 규모의 프로젝트로 런던의 동-서를 가로지르는 프로젝트이다. 런던의 철도기반 수송 네트워크의 10%를 담당한다.

-활용: BIM 모델 기반의 설계와 협업을 통해 상세한 사전 검토와 시공성 개선하는데 주효하였다.

-특징: BIM 기반 자산관리시스템을 구축하여 운영 및 유지관리 단계에서의 BIM 정보활용을 계획, 관리 한다. BIM 표준 BS1192 을 준용하였고 협업 솔루션을 통해 약 35% 의 공기 단축과 280만 파운드의 예산을 절감하였다(URS Scott Wilson, 2010). BIM 기반 모델을 통해 협업과정에 참여한 사람의 수는 2009년 25명, 2012년 1750명으로 증가하였다.

(6) 영국 - High Speed 2 (HS2)프로젝트

-개요: 2026년 개통을 목표로 런던과 브링험을 연결하는 총 예산은 28조원의 고속철도 프로젝트이다.

-활용: 기존의 철도BIM프로젝트에서 얻은 노하우를 토대로 BIM가이드라인과 로드맵을 마련하고 설계, 시공, 유지관리 전반에 걸쳐 BIM을 적용하는 계획을 세웠다.

-특징: 협업, 계약방식 등을 보다 체계화 하였으며, 참여자가 쉽게 목표를 이해하고 BIM 프로젝트에 동참할 수 있도록 여러 홍보, 교육자료를 준비, 배포하였다. 또한 다양한 소프트웨어 사용에 따른 소프트웨어간 호환성 등을 검토하고 있다.

(7) 독일 - 도이치반(Deutsche Bahn)

-개요: 2020년 이후 본격적으로 BIM 도입을 위하여, 2015-2017년 준비단계, 2017-2020년 13개의 시범사업을 수행하는 단계적 도입방안을 마련하였다.

-활용: 시범사업을 통하여 홍보, BIM기반 설계검토 등을 수행하고 있다.

-특징: 기존의 건축분야의 BIM 적용이 기대에 미치지 못한 이유를 분석하고, 국가위원회, 독일 교통부(Ministry of Transport and Digital Infrastructure)의 주도하에 공공건설분야의 BIM도입을 추진하고 있다.

(8) 카타르 - Red line 프로젝트

-개요: 2022년 도하 월드컵 유치를 계기로 SOC 프로젝트가 계획되고 있으며, 철도인프라 발주 시 BIM수행계획을 의무화 하였으며, 입찰서류에는 Qatar 프로젝트에 대한 명확한 발주자 기대사항 및 발주자 요구사항을 제공 하였다.

-활용: BIM과 관련된 부분은 품질관리 방안, 계획, 프로그래밍, 진도 관리 방안, 기록 추적 및 통제 방안, PMIS(Project Management Information System), EDMS(Electronic Document Management System) 등 포함한 정보관리 방안, 모델관리 방안(BIM등 기술 포함), 기술정보 관리, 변경 및 형상 관리 방안, 비용관리 방안, 이해당사자들 간 의사소통 관리 방안, 디자인 관리 방안(설계 검수자 등 포함), VE 방안, 요구사항 관리 방안, 감리 방안, 작업자 안전관리방안, 지속가능성에 대한 요구사항, 위험관리 방안, 설계 및 시공 등 이해 당사자 간 조율을 위한 인터페이스 관리 방안 등 광범위한 요구사항을 포함 한다.

-특징: 기타 기본설계 파라미터(설계기준 명세), 선형설계 명세, 지반처리 명세, 터널설계 명세, 절성토 및 구조물 설계 명세, 토공설계 명세, 교량설계 명세, 건물설계 명세, 배수설계 명세, 소방/기계/전기 설계 명세와 관련 시방서를 요구하였다

15. 해외 BIM 도입 및 확산 전략 및 단계별 목표

주요 선진국의 BIM의 BIM 로드맵 분석을 통하여, BIM 도입 및 확산전략 및 그 단계별 목표를 분석하였다. 대상 국가는 미국, 캐나다 등 북미권 2개국, 영국, 프랑스, 독일 등 유럽권 3개국, 싱가포르, 한국, 홍콩 등 아시아권 3개국, 그리고 호주 등 총 9개국에서 공식적으로 발표한 BIM 확산 전략을 수집하였고 현황은 표 1과 같다. 수집된 9개국의 BIM 확산 전략은 로드맵 형태로 전략을 수립한 국가이다. 상대적으로 BIM 도입에서 선진적이라고 평가를 받는 북유럽 국가(핀란드, 노르웨이, 덴마크 등)들의 경우 공식적으로 발표한 BIM 도입 로드맵이 없는 것으로 파악되었다. 수집된 주요 국가 및 기관들의 로드맵을 간략하게 살펴보면 아래와 같다.

(1) 미국

미 공병단 U.S. Army Corps of Engineers(USACE)에서는 2006년에 총 네 단계로 이루어진 로드맵을 발표하였다. BIM 초기 운영능력을 배양하고 시설물 생애주기에 있어서 상호운영성을 확립하는 것을 시작으로 최종적으로는 업무자동화를 이루는 것을 전반적인 방향으로 잡고 있다. 타 국가의 로드맵에 비교했을 때, 세부 전략이 부족하고 조직과 제도적 측면에서 분리되어 있지 않은 부분은 아쉬운 점으로 남는다.

전체적으로 단계의 발전에 더불어 순차적인 여섯 가지의 목표를 함께 수립해 놓고 있는데, 미터법 확립과 2008년 이전까지 초기운영능력 배양을 비롯하여 2010년 이전에 생애주기의 상호운영성 확립, 2012까지 NBIMS기반 전반적인 운용능력과 자산관리, O&M(Operation and Maintenance) 시설 확보, 그리고 업무자동화까지 구체적인 목표를 설정해 놓았다. 이는 BIM이 건설 생애주기에서 어느 부문까지 확산되는지, 즉 BIM에 의한 협업수준의 확대를 의미한다. 최종단계는 전 생애주기에서 BIM이 활용되어 건설의 전반적인 업무가 BIM에 의해 자동화되는 것을 의미한다.

(2) 캐나다

Canadian AEC00 Community에서 발표한 BIM 로드맵은 다섯 단계로 나뉘어진 프로세스 아래에 여섯 가지 독립된 부문에서 각각 단계별로 이루어져야 할 목표들이 제시되어 있다. 단계 구분은 업무에서 소통이 이루어지는 범위에 따라 나뉘어서 독립 업무 단계부터 시작해서 소통업무, 상호운영, 통합업무를 지나쳐서 최종적으로 연합/최적화 단계로 이어진다. 그리고 부문은 고용(Engage), 발전(Develop), 교육(Educate), 배치(Deploy), 측정(Evaluate), 지속성(Sustain) 측면으로 나누어져서 성숙도의 레벨이 발전됨에 따라 독립적으로 각각이 달성해야 할 목표를 보여준다. 그렇기 때문에 단순하고 보기 쉽게 설정된 목표를 확인할 수 있고, 시각적으로 우수하다. 다만 목표가 비교적 추상적이고 구체적인 측면이 부족하고, 전략적인 목표수립이라고 보기보다는 마일스톤에 가깝다고

여겨진다.

(3) 영국

2011년에 발표된 영국의 BIM 로드맵은 BIM을 활용하여 개방되고 공유될 수 있는 자산정보를 통해 비용, 가치, 그리고 탄소 소비량의 개선을 도출한다는 목표를 시작으로 만들어졌다. 영국 국가 표준협회인 BSI(British Standards Institution)의 건설 데이터 표준에 대한 로드맵인 B/555 로드맵을 기준으로 하여 각 전략을 단계별로 제시하고 있다. 여기에 다양한 전문가 그룹들의 의견을 종합하여 Push/Pull 양방향 전략으로 각 항목별 성격에 맞춘 전략을 제시할 수 있는 특징을 가진다. 데이터 표준에 대한 B/555 로드맵을 기준으로 하기 때문에 전체 네 단계의 프로세스는 첫 번째 단계의 BIM을 협업이 없는 서류적 측면의 업무로 분류하고, 단계가 발전되어 나가면서 데이터파일 기반, BIM모델 기반, 그리고 통합적 웹 기반 BIM으로 각 단계가 구분되어 있다. 이러한 데이터 교환 방식에 따른 로드맵은 유럽권 국가들이 차용하여 BIM 로드맵 수립에서 하나의 경향으로 나타난다.

(4) 호주

Australian Institute of Architects(호주 건축가 협회)에서 제시한 로드맵은 BIM 발전프로세스를 2D단계, 모델링단계, 협업단계, 그리고 통합단계 네 단계로 구분하고, 이 과정들 안에서 이미 해 놓은 것, 지금 하고 있는 것, 다음 단계로 해야 할 것, 앞으로 나아가야 할 방향을 병렬적으로 구분해서 나타내고 있다. 또한 업무프로그램을 여섯 가지로 분류하여 각 단계에서 적용되어야 할 항목들을 개별적으로 제시하고 있으며, 이 여섯 가지 프로그램은 2012-2013년을 시작점으로 설정되어 있는데 2016년 상반기에 모두 마무리가 되어 2016년 하반기 이후부터는 최종단계에 돌입하는 것을 목표로 하고 있다. 업무프로그램(WP)은 조달과 BIM가이드라인, 교육, 제품 데이터 및 BIM 라이브러리, 과정과 데이터교환, 그리고 규제적 프레임워크로 이루어져있고, 각각의 WP는 개별적으로 목표 마일스톤을 포함하며 체계적으로 구성되어 있다. 목표일자를 일 단위로 구체적으로 제시하였다는 특이점을 가지며 전략과 로드맵(blueprint)를 함께 제시하였다는 특징을 가진다.

(5) 싱가포르

싱가포르 정부(BCA)는 2010년부터 CORENET을 통해 인허가 도면을 제출할 수 있도록 건축 및 구조, M&B BIM의 e-submission을 시작하였음. 이에 단계별 BIM 적용 범위, 기준 등을 포함한 Singapore BIM Guide를 배포하였으며 20,000m² 이상의 프로젝트에 대해 2013년까지 건축에, 2014년까지 구조와 M&E 2015년까지 5,000m² 이상의 모든 프로젝트에 BIM e-submission 제출 의무화 시행을 발표하였다. 국내 조달청과 마찬가지로 BIM 적용 대상을 확대해 나가는 로드맵 형식을 취했다. 단계별 확대 전략은 건축 연면적을 기준으로 하여 2015년 이후로 연면적 5,000m² 이상 공공 건축 발주에 대해서는 BIM 적용을 의무화하고 있다.

제7장. 연구개발성과의 보안등급[일반등급]

제8장. 국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황 [해당없음]

제9장. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전 조치 이행 실적[해당없음]

제10장. 연구개발과제의 대표적 연구 실적

번호	구분 (논문/ 특허/ 기타)	논문명/특허명/ 기타	소속 기관명	역할	논문 게재지/ 특허 등록 국가	영향력 지수	논문 게재일 /특허 등록일	사사 여부 (단독 사사 또는 중복 사사)	특기 사항 (SCI 여부/인용 횟수 등)
1	논문	Benefit-cost Analysis of Building Information Modeling(BIM) in an Railway site	KRRI 인천대	주저 자	sustainabi lity		2018.10.01	단독사사	SCI
2	논문	철도인프라 BIM적용에 따른 비용편익 효과 분석 - 오송 철도종합시험선로 사례를 중심으로-	KRRI 인천대		BIM학회		2018.12.20	단독사사	
3	논문	정부 및 공공기관의 BIM적용사례 분석 및 발주기관을 위한 BIM기반 철도인프라 정보관리체계 개발 연구	KRRI		BIM학회		2018.08.01	단독사사	
4	로드맵	철도 BIM 2030로드맵	KRRI KR 연세대				2018.08.17	단독사사	
5	논문	Design coordination strategies in a 2D and BIM mixed-project environment: social dynamics and productivity	연세대		Building Research and Informatio n		2017.12.05	단독사사	SCI
6	논문	주요국가의 BIM 도입 로드맵 비교분석을 통한 BIM 도입전략 분석	연세대	주저 자	2017년 대한건축학 회 추계 학술발 표대회논문 집	0.43	2017.10.27	단독 사사	

7	논문	PPT 프레임워크를 기반으로 한 철도 BIM 2030 로드맵 개발 연구	연세대	주저 자	한국CDE학 회 2017 BuildSMART Conference	0.21	2017.11.23.	단독 사사	
8	가이드 라인	철도인프라 BIM가이드라인	KRRI				2018.07.21		
9	sw모듈	개방형 표준 데이터 스키마 모델 뷰어 모듈	KRRI		한국저작권 위원회		2017.12.05		
10	sw모듈	BIM(비아이엠) 기반 성과품 업로드 모듈	KRRI		한국저작권 위원회		2017.11.20		
11	sw모듈	성과품 버전 및 이슈 관리 모듈	KRRI		한국저작권 위원회		2017.11.20		
12	sw모듈	발주자 및 계약자 용 설계프로젝트 관리 모듈	KRRI		한국저작권 위원회		2017.11.20		
13	sw	BIM(비아이엠) 기반 철도인프라 사업 정보관리 통합 소프트웨어	KRRI		한국저작권 위원회		2017.12.11		
14	논문	BIM기반 철도인프라 정보 통합관리를 위한 시스템 구축방안 연구	KRRI		토목학회		2016.10.20	단독사사	
15	논문	A conceptual framework for BIM-based rail infrastructure information management system	KRRI		ART		2016.10.20	단독사사	
16	논문	BIM의 활용에 따른 효용성 고찰 및 가능성 분석	인천대		Crisisionomy		2016.12.12.		비SCI
17	실용화	철도시설공단 신규사업 발주 내용에 BIM실무가이드 라인 반영	KRRI		한국철도시 설공단 사업발주 계획서				
18	실용화	국토부 BIM로드맵에 철도로드맵 내용 일부 반영	KRRI		국토부 기사				

제11장. 기타 사항

1. 최종 차년도 연구개발비 집행 실적 (사전평가기준)

단위 : 천원

[1세부 총괄]									
항목	비목			금액	계획 금액	사용액	잔액	비고	
직접비	인건비	내부	인건비	미지급	(147,627)	-	-	과제 종료 12/31 작성일시 사전평가기준 최종평가 미시행에 의한 연구수당 미지급	
				지급	현금	205,281	205,281		-
					현물	-	-		-
		외부	인건비	미지급	-	-	-		
				지급	현금	76,698	74,130		2,568
					현물	-	-		-
	학생인건비	현금	16,200	16,200	-				
	소계				298,179	295,611	2,568		
	연구장비· 재료비			현금	27,810	13,492	14,318		
				현물	-	-	-		
	연구활동비				248,650	241,310	7,340		
	연구과제 추진비				31,454	31,483	-29		
	연구수당				61,395	-	61,395		
위탁연구개발비				40,000	40,000	-			
소계				409,309	326,285	83,024			
간접비	인력지원비			39,366	39,366	-			
	연구지원비			63,277	63,277	-			
	성과활용지원비			10,869	10,869	-			
	소계			113,512	113,512	-			
연구개발비 총액				821,000	708,947	85,592			

[1세부- 주관- KRR I]									
항목	비목			금액	계획 금액	사용액	잔액	비고	
직접비	인건비	내부	인건비	미지급	-	-	-	과제 종료 12/31 작성일시 사전평가기준 최종평가 미시행에 의한 연구수당 미지급	
				지급	현금	205,281	205,281		-
					현물	-	-		-
		외부	인건비	미지급	-	-	-		
				지급	현금	76,698	74,130		2,568
					현물	-	-		-
	학생인건비	현금	-	-	-				
	소계				281,979	238,300	43,679		
	연구장비· 재료비			현금	27,810	13,492	14,318		
				현물	-	-	-		
	연구활동비				242,150	237,494	4,656		
	연구과제 추진비				25,054	26,457	-1,403		
	연구수당				56,395	-	56,395		
위탁연구개발비				40,000	40,000	-			
소계				408,992	331,588	77,404			
간접비	인력지원비			34,866	34,866	-			
	연구지원비			61,877	34,866	-			
	성과활용지원비			10,869	61,877	-			
	소계			107,612	10,869	-			
연구개발비 총액				781,000	704,466	76,534			

[1세부- 공동-KR]

항목	비목		금액		계획 금액	사용액	잔액	비고	
			지급	현금/현물					
직접비	인건비	내부	미지급		(124,627)	-	-	과제종료 12/31 작성일시 사전평가기준 최종평가 미시행에 의한 연구수당 미지급	
			지급	현금		-	-		-
				현물		-	-		-
		외부	미지급		-	-	-		
			지급	현금		-	-		-
				현물		-	-		-
	학생인건비	현금		-	-	-			
	소계				-	-	-		
	연구장비· 재료비	현금		-	-	-			
		현물		-	-	-			
	연구활동비				4,700	2,016	2,684		
	연구과제 추진비				2,900	1,528	1,371		
	연구수당				1,000	-	1,000		
	위탁연구개발비				-	-	-		
소계				8,600	3,544	5,056			
간접비	인력지원비				-	-	-		
	연구지원비				1,400	1,400	-		
	성과활용지원비				-	-	-		
	소계				1,400	1,400	-		
연구개발비 총액					10,000	4,945	5,056		

[1세부- 공동- 인천대학교]

항목	비목		금액		계획 금액	사용액	잔액	비고	
			지급	현금/현물					
직접비	인건비	내부	미지급		(23,000)	-	-	과제종료 12/31 작성일시 사전평가기준 최종평가 미시행에 의한 연구수당 미지급	
			지급	현금		-	-		-
				현물		-	-		-
		외부	미지급		-	-	-		
			지급	현금		-	-		-
				현물		-	-		-
	학생인건비	현금		16,200	16,200	-			
	소계				16,200	16,200	-		
	연구장비· 재료비	현금		-	-	-			
		현물		-	-	-			
	연구활동비				1,800	1,800	-		
	연구과제 추진비				3,500	3,498	2		
	연구수당				4,000	-	4,000		
	위탁연구개발비				-	-	-		
소계				9,300	5,298	4,002			
간접비	인력지원비				4,500	4,500	-		
	연구지원비				-	-	-		
	성과활용지원비				-	-	-		
	소계				4,500	4,500	-		
연구개발비 총액					30,000	25,998	4,002		

[1세부- 위탁 - 연세대학교]

항목	비목		금액		계획 금액	사용액	잔액	비고
			미지급	현금				
직접비	인건비	내부	지급	미지급	(8,300)	-	-	과제 종료 12/31 작성일시 사전평가기준 최종평가 미시행에 의한 연구수당 미지급
				현금	-	-	-	
				현물	-	-	-	
		외부	지급	미지급	-	-	-	
				현금	-	-	-	
				현물	-	-	-	
	학생인건비	현금	19,000	19,000	-			
	소계				19,000	19,000	-	
			연구장비·재료비	현물	1,500	-	1,500	
				현물	-	-	-	
	연구활동비				7,236	7,047	189	
	연구과제 추진비				900	227	673	
연구수당				3,400	-	3,400		
위탁연구개발비				-	-	-		
소계				12,700	7,274	5,426		
간접비	인력지원비			-	-	-		
	연구지원비			7,964	7,964	-		
	성과활용지원비			-	-	-		
	소계			7,964	7,964	-		
연구개발비 총액				40,000	34,238	5,762		

2. 최종차년도 참여연구원

번호	소속 기관명	직위	생년 월일	전공 및 학위		연구 담당 분야	신규 채용 여부	국가연구개발사업 참여율 (%) [B]	국가연구개발사업 참여 과제 수 (건)
	성명	과학기술인 등록번호	성별	취득 연도	학위 (전공)	과제 참여 기간	이 과제 참여율 (%) [A]	전체 참여율 [A+B, %]	
1	한국철도기 술연구원	수석 연구원	590902	1993	박사 (지반)	총괄	-	21	2
	신민호	1014 3119	남			18.01-18.12	79	100	
2	한국철도기 술연구원	책임 연구원	661130	1999	박사 (지반)	연구개발	-	70	2
	박영곤	1005 9444	남			18.01-18.12	10	80	
3	한국철도기 술연구원	수석 연구원	670114	2005	박사 (지반)	연구개발	-	80	3
	이성혁	1080 0474	남			18.01-18.12	20	100	
4	한국철도기 술연구원	책임 기술원	710426	2006	박사 (정보)	연구개발	-	88	4
	이경수	1102 4333	남			18.01-18.03	10	98	
5	한국철도기 술연구원	책임 연구원	640529	2010	박사 (시스템)	연구개발	-	70	3
	이영훈	1017 9692	남			18.01-18.12	20	90	
6	한국철도기 술연구원	선임 연구원	840427	2015	박사 (지반)	BIM	-	40	2
	박정준	1101 4783	남			18.01-18.03	60	100	
7	한국철도기 술연구원	수석 연구원	641211	2008	박사 (철도)	연구개발	-	60	1
	염기영	1011 3766	남			18.01-18.12	40	100	

8	한국철도기 술연구원	선임 연구원	860627	2013	석사 (토목CM)	BIM	-	-	1
	이근일	1118 0855	남			18.01-18.12	100	100	
9	한국철도시 설공단	차장	700703	2015	석사 (철도)	선임	-	5	2
	박상구	1102 8499	남			17.03-17.12	5	10	
10	한국철도시 설공단	처장	680309	2016	박사 (철도)	수석	-	-	1
	권오혁	1159 3590	남			17.03-17.04	15	15	
11	한국철도시 설공단	처장	670130	2009	석사 (철도)	수석	-	20	2
	최원일	1101 6557	남			17.05-17.12	10	30	
12	한국철도시 설공단	부장	690403	2015	석사 (철도)	책임	-	100	5
	최유복	1100 7682	남			17.03-17.12	25	125	
13	한국철도시 설공단	차장	770721	2008	석사 (지반 공학)	책임	-	80	4
	안기성	1150 9286	남			17.03-17.12	30	110	
14	한국철도시 설공단	과장	741028	2014	석사 (철도)	선임	-	93	5
	장운호	1144 4489	남			17.03-17.12	30	123	
15	한국철도시 설공단	과장	850106	2010	학사 (토목)	선임	-	100	5
	오주한	1088 9365	남			17.03-17.12	30	130	
16	한국철도시 설공단	부장	691115	2000	석사	책임	-	12.5	4
	백효순	1133 8277	남			17.03-17.12	5	17.5	
17	한국철도시 설공단	과장	760429	2000	학사	선임	-	2.49	2
	엄중우	1128 6045	남			17.03-17.12	5	7.49	
18	한국철도시 설공단	차장	670721	1991	학사	책임	-	20	2
	최용진	1137 9246	남			17.03-17.04	5	25	
19	한국철도시 설공단	차장	660405	1987	학사	책임	-	80	3
	유철성	1163 7743	남			17.05-17.12	30	110	
20	한국철도시 설공단	과장	791113	2014	석사	선임	-	-	1
	김선중	1158 2342	남			17.03-17.04	5	5	
21	한국철도시 설공단	사원	770924	2004	학사	선임	-	-	1
	강현선	1090 5445	여			17.05-17.12	10	10	
22	공동- 인천대학교	교수	770228	2013	박사 (도시계획)	총괄	정규	0%	1
	김환용	1124 0735	남			2015. 06 - 2019. 05	35%	35%	
23	공동- 인천대학교	대학원생	930210	2017	학사 (도시설계)	-	정규	0%	1
	김창호	1156 6665	남			2016. 05 - 2019. 05	25%	25%	
24	공동- 인천대학교	대학원생	921027	-	-	-	정규	0%	1
	한상천	1149 9419	남			2015. 06 - 2019. 05	45%	45%	

25	공동- 인천대학교	학부생	940217	-	-	-	정규	0%	1
	최영우	1164 3603	남			2017. 03 - 2019. 05	45%	45%	
26	위탁- 연세대학교	교수	700109	2004	박사 (건축)	연구개발	-	30	3
	이강	1015 3115	남			18.03-18.12	10	40	
27	위탁- 연세대학교	박사과정	830221	2010	석사 (건축)	연구개발	-	58	2
	이경하	1091 6750	여			18.03/ 18.04-18.12	8/ 20	78	
28	위탁- 연세대학교	석사과정	811008	2009	학사 (건축)	연구개발	-	75	2
	김원준	1164 2492	남			18.04-18.06	13.89	88.89	
29	위탁- 연세대학교	석사과정	871022	2014	학사 (건축)	연구개발	-	75	2
	송태석	1164 0577	남			18.04-18.12	16.67	88.89	
30	위탁- 연세대학교	석사과정	890709	2016	학사 (건축)	연구개발	-	80.56/ 77.78/ 72.23	2
	길대영	1168 1428	남			18.01-18.02/ 18.03-18.06/ 18.07-18.12	19.44/ 22.22/ 5.56	100/ 100/ 77.79	
31	위탁- 연세대학교	박사과정	860727	2013	학사 (건축)	연구개발	-	48	2
	조재현	1125 9643	남			18.09-18.12	28	76	
32	위탁- 연세대학교	학사과정	930619	-	학사 (건축)	연구개발	-	25	2
	이화연	1140 7385	여			18.03-18.06	25	50	

제12장. 참고 문헌

1. US Army Corps of Engineers, Building Information Modeling (BIM), 2006
2. BIM Industry Working Group, A Report for the Government Construction Client Group Building Information Modeling(BIM) Working Party Strategy Paper, 2011
3. Wah, L. (2014, October). The Singapore BIM Roadmap. In Government BIM Symposium.
4. 조달청, 조달청 BIM 견적 장단기 추진계획 (안), 2011
5. buildingSMART Australasia., National Building Information Modelling Initiative - Volume 1: Strategy, 2012
6. Construction Industry Council, Final Draft Report of the Roadmap for BIM Strategic Implementation in Hong Kong's- 875 -Construction Industry, 2013
7. buildingSMART Canada, Roadmap v 1.0, 2014
8. Federal Ministry of Transport and Digital Infrastructure, Road Map for Digital Design and Construction, 2015
9. Plan for the digital transition in the building industry, Operation Roadmap, 2015
10. Khosrowshahi, F., & Arayici, Y. (2012). Roadmap for implementation of BIM in the UK construction industry. Engineering, Construction and Architectural Management, 19(6), 610-635.
11. Silva, M. J. F., Salvado, F., Couto, P., & e Azevedo, Á. V. (2016). Roadmap Proposal for Implementing Building Information Modelling (BIM) in Portugal. Open Journal of Civil Engineering, 6(03), 475.
12. Cheng, J. C., & Lu, Q. (2015). A review of the efforts and roles of the public sector for

- BIM adoption worldwide. *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, 20(27), 442-478
13. 김정환, 지승구, 정태형, 서종원(2014), BIM기반 사회기반 시설물 유지관리 도입을 위한 경제적 타당성 분석, 대한토목학회 2014 대한토목학회 논문집, pp. 285-292
 14. 원지선, 조근하, 주기범(2013), 시설물 유지관리를 위한 BIM 데이터 입력기준 개발방안, 대한설비공학회 2013 설비공학 논문집, pp. 216-225
 15. 윤명철(2013), 건축설계 BIM기반 모델의 견적모델 활용 프로세스 연구, 대한건축학회 2013 대한건축학회 논문집, pp. 95-102
 16. 김민지, 이경희, 권석현, 박성일, 이상철(2014), 토목인프라 산업의 BIM적용 사례연구, 한국철도학회 2014 학술발표대회 논문집, pp.1119-1124
 17. 허보라미, 심재현, 김한수, 김동현(2012), BIM 설계오류의 유형 및 원인 분석에 관한 연구, 대한건축학회 2012 대한건축학회 논문집, pp.21-29
 18. 김지은, 최현상, 강태욱(2014), BIM 기반 도시시설물 유지관리 시스템 요구사항 도출 및 프레임워크 구축, 한국콘텐츠학회 2014 한국콘텐츠학회 논문지, pp.397-406
 19. 문현준, 김사겸(2012), 초기 설계단계에서 비틀림 형태 건물의 BIM기반 에너지 성능 평가 기술 개발, 대한건축학회 2012 대한건축학회 논문집, pp.289-296
 20. 김지선, 김주형, 김재준(2012), 시공단계에서의 BIM 적용방안에 관한 연구, 한국CDE학회 2012 한국CDE학회 학술발표회 논문집, pp.572-576
 21. 윤장호, 엄기영, 윤희택, 류성찬(2013), 400km/h급 고속철도 인프라 기술의 직·간접편익 분석, 한국철도학회 2013 학술발표대회 논문집, pp.1226-1231
 22. 김장욱, 이승재, 김주영(2016), 도로 및 철도환경 변화에 따른 편익 추정에 관한 연구, 한국철도학회 2016 학술대회 논문집, pp.935-941
 23. 신형식, 조항웅, 김종만, 이원태(2009), 철도 편익산정의 현실화방안 연구, 한국철도학회 2009 학술발표대회 논문집, pp.21-28
 24. 김영환, 김현승, 강인석(2015), BIM 기능요소 분류체계 도출에 의한 철도시설공사 BIM 기능발주 구성 방안, 한국철도학회 2015 한국철도학회 논문집, pp.344-353
 25. 신민호, 박정준, 이근일, 김봉근, 민병의(2016), BIM기반 철도인프라 정보 통합관리를 위한 시스템 구축방안 연구, 대한토목학회 2016 대한토목학회 학술대회, pp.313-314
 26. 장영훈, 박상일, 한정훈, 이상호(2013), BIM 표준 기반 철도교 라이브러리 구축을 위한 IFC 데이터 모델의 활용 방안, 대한토목학회 2013 대한토목학회 학술대회, pp.669-672
 27. 김환용, 박상구(2016), Building Information Modeling (BIM) 활용에 따른 유효비용효과 예측 및 기대성과 분석, 대한토목학회 2016 대한토목학회 학술대회, pp.317-318
 28. 임종일, 송선옥, 최정열, 박용걸(2013), 철도교량 단부 궤도의 사용성 향상을 위한 횡단궤도시스템 적용에 관한 실험적 연구, 한국철도학회 2013 한국철도학회 논문집, pp.207-216
 29. 구본웅, 조명희(2008), GIS와 3차원 모델링을 활용한 도시철도 시뮬레이션 시스템 구현, 대한토목학회 2008 대한토목학회 학술대회, pp.4084-4087
 30. 최일환(2014), 철도 구조물 BIM 모델 구축 방법론과 유지관리 방안에 대한 연구, 중앙대학교 건설대학원 석사 학위논문, pp.44-52
 31. 윤경철(2016), 복수운영체제에서 철도시설관리자의 철도시설물 유지보수 조직과 업무 설정, 대한토목학회 2016 대한토목학회 논문집, pp.121-128
 32. 김종운, 박준서, 정인수(2011), 철도시스템 정시성 요구조건을 만족하기 위한 서비스 신뢰도 목표값 설정, 한국철도학회 2011 한국철도학회 논문집, pp.6-10
 33. 이진욱, 이성혁, 사공명, 류태진(2013), 일반철도 노반 강성조건에서의 고속철도용 콘크리트 궤도의 적용성 검토, 한국철도학회 2013 한국철도학회 논문집, pp.40-46
 34. 오향욱, 김지현, 김민수, 이재훈, 정종현(2011), 설계단계별 BIM기반 구조설계 프로세스 및 모델 작성기준에 관한 연구, 대한건축학회 2011 대한건축학회 논문집, pp.107-114
 35. 김한준, 최종식, 김한샘, 김인한(2013), 개방형 BIM기반 개산견적을 위한 데이터 모델 구축 방

-
- 안, 대한건축학회 2013 대한건축학회 논문집, pp.61-70
36. 이세익, 한지수, 조찬원(2015), BIM정보프레임워크 기반의 속성체계 표준화에 관한 기초연구, 대한건축학회 2015 대한건축학회 논문집, pp.77-85
37. 서명배, 주기범(2012), 토목설계 전문가 설문조사를 통한 BIM 활성화 방안, 한국컨텐츠학회 2012 한국컨텐츠학회 논문지, pp.446-457
38. 원종성, 이정주, 이강(2008), BIM 협업 조직 및 정보관리 방식에 관한 사례연구, 대한건축학회 2008 대한건축학회 논문집, pp.25-32
39. 김진호, 신민호, 손인수, 김창호, 최영후, 한상천, 김환용(2016), BIM의 활용에 따른 효용성 고찰 및 가능성 분석, Crisisonomy, 위기관리이론과실천, 2016 12권 12호, pp.13-21
40. Jeongjun Park, Min-ho Shin, Geunil Lee, You-Bok Choi, Bong-Geun Kim, Geunyoung Lee(2016), A conceptual framework for BIM-based rail infrastructure information management system, The 1st Asian Conference on Railway Infrastructure and Transportation. pp1.
-

9. 뒷면지

주 의

1. 이 최종보고서는 국토교통부에서 시행한 철도기술연구사업의 연구보고서입니다.
2. 이 최종보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 사업의 연구개발성과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.

18RTRP
-B1042
37-04

Development of Information Modeling Technology
for Railway Infrastructure

철도인프라 정보모델링 기술 개발
최종보고서

3

cm

2018

국토교통과학기술진흥원

국토교통부

R&D Report

보안 과제(), 일반 과제(○) / 공개(○), 비공개()

철도기술연구사업 사업 제4차 연도 최종 보고서

R&D /
18RTRP-B104237-04

철도인프라 정보모델링 기술 개발 최종보고서

2019. 03. 27.

협동연구기관 / 연세대학교
공동연구기관 / (주)지쓰리씨
공동연구기관 / (주)이엔지소프트
공동연구기관 / 한국건설기술연구원
공동연구기관 / (주)서영엔지니어링
참여기관 / (주)대창이엔지

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통과학기술진흥원장 귀하

‘철도인프라 정보모델링 기술 개발’(연구개발 기간 : 2010.10. ~ 2018.12.) 과제의 최종보고서를 제출합니다.

2019. 03. 27.

협동연구기관명 :	연세대학교 산학협력단	(대표자) 이원용	(인)
공동연구기관명 :	(주)지쓰리씨	(대표자) 이혁진	
공동연구기관명 :	(주)이엔지소프트	(대표자) 김성곤	
공동연구기관명 :	한국건설기술연구원	(대표자) 이태식	
공동연구기관명 :	(주)서영엔지니어링	(대표자) 김종흔	
참여기관명 :	대창이엔지(주)	(대표자) 박희민	

협동연구기관책임자:	연세대학교	이상호	교수
공동연구기관책임자:	(주)지쓰리씨	이혁진	대표
공동연구기관책임자:	(주)이엔지소프트	한정훈	이사
공동연구기관책임자:	한국건설기술연구원	서명배	수석
공동연구기관책임자:	(주)서영엔지니어링	이경복	상무
참여기관책임자:	대창이엔지(주)	박경록	과장

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제38조에 따라 최종보고서 열람에 동의합니다.

보고서 요약서

과제 고유 번호	18RTRP-B104237-04	해당 단계 연구 기간	'18.01.01.- '18.12.31	단계구분	(4)/(4)
연구사업명	철도기술연구사업				
연구과제명	대과제명	BIM기반의 철도인프라 관리 표준기술 개발			
	세부과제명	철도인프라 정보모델링 기술개발			
연구책임자	이상호	해당단계 참여 연구원 수	총: 38 명	해당단계 연구개발비	정부: 716,000천원 기업: 238,667천원 계: 954,667천원
		총 연구기간 참여 연구원 수	총: 59 명	총 연구개발비	정부: 3,280,000천원 기업: 1,093,334천원 계: 4,373,334천원
연구기관명 및 소속 부서명	연세대학교, (주)지쓰리씨, (주)이엔지소프트, 한국건설기술연구원, (주)서영엔지니어링			참여기업명 : 대창이엔지(주)	
국제공동연구	상대국명: 해당없음			상대국 연구기관명: 해당없음	
위탁연구	해당없음				
<ul style="list-style-type: none"> ◦ 철도인프라 데이터 스키마 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 철도인프라 시설물에 대한 PBS 확장 (6단계) 및 확장 데이터 스키마 요소와의 매핑 - 철도인프라 시설물의 설계 단계 정보 표현을 위한 데이터 스키마 확장 및 정보모델 생성을 통한 검증 ◦ 철도인프라 정보모델링 지원을 위한 표준프레임워크 (소프트웨어 구성을 위한 표준 환경) 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 개방형 서버 프레임워크를 통한 오픈소스 기반 범용성 구현 - 설계업무 적용을 통한 철도인프라 정보모델 서버 프레임워크 검증 ◦ 철도인프라 3차원 객체 라이브러리 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 철도인프라 시설물별 객체 라이브러리 및 명세서 구축 - 라이브러리를 활용한 시범 모델 구축과 검증, 라이브러리 활용 가이드 ◦ 철도인프라 정보모델 생성기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 선형 기반의 철도인프라 3차원 정보모델 생성 표준절차 - 3차원 정보모델 생성 표준절차, 정보모델 기반의 디지털 도면 생성 가이드 <p>※ 대상 철도인프라 시설물은 철도교량, 철도터널, 노반 및 궤도, 전기·신호·통신 구조물임. (철도역사, 전기·신호·통신 장비 제외)</p>				<p>최종 보고서 10 page</p> <p>최종 보고서 13 page</p> <p>최종 보고서 15 page</p> <p>최종 보고서 18 page</p>	

〈 요약문 〉

연구의 목적 및 내용	<p>본 연구과제는 설계 단계를 대상으로 철도인프라 시설물을 정보모델링하기 위한 BIM 기반 요소기술 개발을 최종 목표로 함. 이에 따라 철도인프라 정보 표현을 위한 데이터 스키마 개발, 원형 라이브러리 개발, 정보모델링 표준절차 및 디지털 설계 도면 생성 기술과 BIM 설계 업무 지원을 위한 IT 기반 표준프레임워크 개발로 4개의 세부 연구과제를 구성하여 연구를 진행함.</p>				
연구개발성과	<p>■ 2세부 : 철도인프라 정보모델링 기술 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ 철도인프라 데이터 스키마 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 기존 철도시설공단 PBS의 확장을 통한 노반, 궤도, 철도교량, 철도터널, 전기 및 신호 시설물에 대한 6단계 PBS 도출 - 노반, 궤도에 대한 정보 구성요소 정의서 개발 - 노반, 궤도, 선형, 지형, 철도교량, 철도터널, 전기 및 신호 시설물을 위한 데이터 스키마 요소의 확장 및 검토 (IFC-Alignment 프로젝트, KICT와 CRBIM Alliance의 기존 성과 참조) - 정보모델 생성을 통한 확장 데이터 스키마 검증 (syntax 측면, semantic 측면) ◦ 철도인프라 정보모델링 지원을 위한 표준프레임워크 (소프트웨어 구성을 위한 표준 환경) 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 확장 데이터 스키마 기반으로 생성된 정보모델내 정보의 생성·재사용·표현을 서버 기반으로 하기 위한 프로세스와 처리 기술 구현 - 철도인프라 확장 스키마 기반 모델 검토를 위한 뷰어시스템 구현 - 철도인프라 정보모델 서버 프레임워크 설계업무 및 배포 프로세스 구현 - 철도인프라 정보모델 서버 프레임워크의 설계업무 적용을 통한 검증 ◦ 철도인프라 3차원 객체 라이브러리 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 파라메트릭 기반의 원형 라이브러리 구축 및 라이브러리 명세서 작성(교량: 형태 33개, 유형 36개 / 터널: 형태 17개, 유형 17개 / 신호: 형태 39개, 유형 39개 / 전기 및 신호처리: 형태 133개, 유형 237개) - 객체 라이브러리를 활용한 시범 모델 구축을 통한 수정 및 보완 - 시설물별 라이브러리 활용 가이드라인 작성 ◦ 철도인프라 정보모델 생성기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 선형 기반의 철도인프라 3차원 정보모델 생성 표준절차 정립 - 정보모델링 표준절차 활용을 위한 정보모델 생성 가이드라인 작성 - 생성된 정보모델을 통한 디지털 설계 도면 생성 가이드라인 작성 				
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 철도인프라를 대상으로 개발된 확장 스키마는 도로, 항만, 댐, 기타 토목 시설물의 BIM 표준 개발을 위한 참고자료로 활용 ◦ 철도인프라 각 요소를 정확히 정보로 표현할 수 있는 기술 개발 성과를 바탕으로 BIM 기반 유지관리 분야로의 적용성 확보 ◦ 설계 정보모델링 지원을 위한 표준프레임워크는 설계사의 BIM 업무 도입시 초기 투자비를 감소시키고 손쉽게 사내 시스템을 구축하는데 기여 ◦ 파라메트릭화된 원형 라이브러리는 엔지니어링 실무자의 BIM 모델링 작업 효율을 향상시키고 각 엔지니어링사의 BIM 라이브러리 확장 구축에 기여 ◦ 표준절차에 따른 정보모델 생성 가이드라인 및 디지털 설계 도면 생성 가이드라인은 초보자의 업무 능력 향상과 생성되는 BIM 모델의 균일한 품질 확보에 기여 				
핵심어 (5개 이내)	철도인프라	건설정보모델링	데이터스키마	라이브러리	모델링표준화

< SUMMARY >

<p>Purpose & Contents</p>	<p>This research project is aimed at developing BIM-based element technology for information modeling of railway infrastructure facilities at the design stage. The research is conducted by organizing four detailed research tasks with the development of data schema for expression of railway infrastructure information, prototype library development, information modeling standard procedure, digital design drawing creation technology and IT-based standard framework for supporting BIM design tasks.</p>				
<p>Results</p>	<p>■ Group 2 : Development of railway infrastructure information modeling technology</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ Development of data schema for railway infrastructure <ul style="list-style-type: none"> - Defining the six-step PBS for subgrade, track, rail bridge, railway tunnel, electrical and signal facilities through the expansion of the Korea Rail Network Authority PBS - Development of an information component definition for subgrade and track - Extending and reviewing data schema elements for subgrade, track, alignment, terrain, railway bridge, railway tunnel, electrical and signal facilities (Referring to IFC-Alignment, KICT, CRBIM Alliance's achievements) - Verification of extended data schema through information model generation (syntax side, semantic side) ◦ Establishment of a standard framework (standard environment for software configuration) to support railway infrastructure information modeling <ul style="list-style-type: none"> - Developing the process and the processing technology to create, reuse, and display information in the information model which is generated by utilizing the extended data schema. - Developing a model view system for reviewing the model based on an expanded railway infrastructure schema - Developing the design work and distribution process of the railway infrastructure information model server framework - Verification through the application of the design work of the railway infrastructure information model server framework ◦ Development of railway infrastructure 3D object library <ul style="list-style-type: none"> - Developing a parametric-based circular libraries and library specifications (bridge: 33 forms, 36 types / tunnels: 17 forms, 39 types / signals: 39 types / electrical and signal: 133 forms, 237 types) - Modifying and supplementing the model by building a pilot model using an object library - Developing guidelines about using libraries by facilities ◦ Development of railway infrastructure information model generation technique <ul style="list-style-type: none"> - Establishing a standard procedure for the generation of three-dimensional information models for a line-based railway infrastructure - Developing guidelines for generating information model to utilize standard procedures for information modeling - Developing guidelines for creating digital design drawings using generated information models 				
<p>Expected Contribution</p>	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Extended schemas developed for railway infrastructure are used as a reference for the development of BIM standards for roads, harbors, dams and other civil structures ◦ Supporting the application of BIM-based maintenance methodology, with the results of technological development that enables railway infrastructure to represent each element with information accurately ◦ A standard framework to support information modeling on the design stage will contribute to reduction of initial investment cost and build an in-house system when adapting BIM ◦ To improve Parametric prototype libraries to create a BIM model efficiently, which will assist engineering practitioners and contribute to expanding each engineer's BIM libraries ◦ The guidelines with a standard process for information models and digital design drawings help beginner engineers with improving work efficiency and ensuring the uniform quality of BIM models 				
<p>Keywords</p>	<p>Railway Infrastructures</p>	<p>BIM</p>	<p>Data Schema</p>	<p>Library</p>	<p>Modeling Standardization</p>

< 목 차 >

1. 연구개발과제의 개요	6
2. 국내외 기술 개발 현황	9
3. 연구 수행 내용 및 성과	10
4. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도	21
5. 연구개발성과의 활용 계획	27
6. 연구 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보	30
7. 연구개발성과의 보안등급	33
8. 국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황	33
9. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전 조치 이행 실적	33
10. 연구개발과제의 대표적 연구 실적	34
11. 기타 사항	35
12. 참고 문헌	41

제1장. 연구개발과제의 개요

1. 연구개발 목적

본 연구개발과제는 건설 분야 차세대 핵심기술의 하나인 BIM 기술이 건축 분야에서는 2016년부터 국내 전 공공건축 사업에 적용될 예정이고, 해외에서도 토목 분야 프로젝트에 입찰단계부터 요구사항으로 반영되기 시작함에 따라 철도 분야에 BIM 기술을 접목시키고, 국제경쟁력이 있는 기술로 발전시키기 위하여 계획됨.

가. 최종목표

본 연구과제에서는 철도인프라의 정보모델링을 지원하기 위한 기술을 개발하는 것이 최종목표로, 개발된 기술을 현장실무에 적용하고 결과를 검토하여 향후 철도인프라 정보모델 기술의 실용화를 위한 선진화된 원천기술을 확보하고자 함.

최종목표를 효과적으로 달성하기 위해 철도인프라 데이터 스키마 개발, 철도인프라 정보모델링 지원을 위한 표준프레임워크 구축, 철도인프라 3차원 라이브러리 개발, 철도인프라 정보모델 생성기술 개발 부분으로 구성하여 진행함.

나. 최종목표의 성격 및 설정근거

‘철도인프라 정보모델링 기술 개발’의 기술개발 주목적은 건설분야 차세대 핵심기술의 하나인 BIM 기술을 철도인프라 분야 설계에 적용하기 위해

- ① BIM 기술표준인 IFC(Industry Foundation Classes)를 바탕으로 철도인프라를 구성하는 교량, 터널, 노반 및 궤도, 전기, 신호 등의 시설물을 구성하는 객체들을 3D 정보모델로 표현하고 그 정보의 생성, 수정, 저장, 교환, 재사용하기 위한 IFC 확장 표준 기술을 개발하고,
- ② 개발된 표준기술에 기반을 두어 기존의 철도인프라 설계 성과품을 BIM 기반의 3D 정보모델로 만들어낼 수 있는 정보모델링 기술을 정립하는 것임.

BIM 표준 기반의 철도인프라 설계 단계 기술 진흥을 위하여 다음과 같은 목표를 설정함.

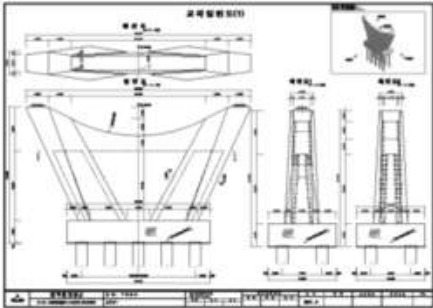
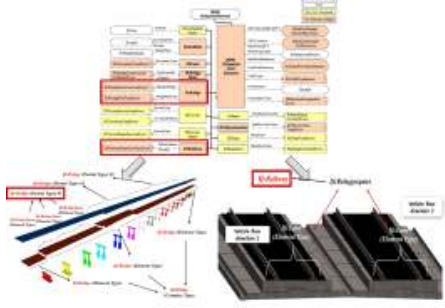
- ① BIM 확장표준 개발 - 철도인프라의 정보 표현을 위한 BIM 확장표준을 세계최초로 개발하고 BIM 기술을 활용하기 위한 표준기반을 구축함.
- ② 정보모델링 기술 개발 - 철도인프라 설계 성과물을 BIM 기반 정보모델로 표현하고 그 정보들을 생애주기 기간 동안 수정 및 재사용 할 수 있는 모델링 기술과 통합적 정보를 공유하여 다양한 용도에 활용 가능토록 하는 기반 기술을 개발함.
- ③ 철도인프라 표준 프레임워크 개발 - 철도인프라 관련 설계자들이 필요한 라이브러리를 공유하고, BIM 기반으로 만들어진 설계 성과물의 정합성 및 무결성을 쉽게 검증할 수 있는, 설계업무를 지원하는 BIM 서버 프레임워크를 개발하고 제공함. 이를 통해 기술자들 간에 유사한 지식경험을 공유하여 시행착오를 최소화 할 수 있도록 함. 개발된 BIM 서버 프레임워크는 연구개발 종료 시 1세부 과제의 철도인프라 관리 체계 구축용 서버 프레임워크에 모듈로 첨부될 수 있도록 계획함.
- ④ 원형 라이브러리 개발 - 그간 BIM 기술 적용의 불모지였던 철도 분야에 BIM 기술의 도입을 촉진하고 관련 업계와 기술자문이 어려움 없이 BIM 기술을 활용할 수 있도록 철

도인프라 관련 필요한 원형 라이브러리들을 개발 제공하여 BIM 생태계의 활용기반을 마련함.

- ⑤ 설계용 가이드라인 개발 - 개발되는 라이브러리와 함께 기존 설계 성과물을 개방형 BIM 기반의 3D 정보모델로 표현하는 기술이 정립된 후에는 일반 기술자들이 개발된 기술을 손쉽게 사용할 수 있도록 가이드라인을 개발하여 제공하고 필요한 부분에서 기술진흥을 위한 제도화를 제안함.

2. 연구개발의 필요성

■ 철도인프라 정보모델링 기술 개발

AS-IS	TO-BE
	
<p>■ 현재 기술수준</p> <ul style="list-style-type: none"> □ 국외 기술수준 <ul style="list-style-type: none"> - 건축 분야의 정보모델 기술을 일부 철도 인프라 건설 프로젝트에 적용 - 특정 소프트웨어 중심으로 운영되어, 생성된 정보모델의 재활용성 및 상호운영성이 낮음. - 철도인프라 정보모델링을 위한 세부기술의 연구는 초기단계 □ 국내 기술수준 <ul style="list-style-type: none"> - 철도 건설 프로젝트 단계에서 생성된 2D 설계정보의 3D 모델링 중심 - 상호 운용성 및 재활용성이 낮은 수준에 머물러 있음. - 토목 분야 중 교량, 터널 등 일부 구조물 정보 표현을 위한 연구가 진행되었으나, 초기단계 □ 철도인프라 정보모델링을 위한 요소기술 개발 필요 <ul style="list-style-type: none"> - 건축 분야에서 개발된 방법론 및 기술을 일부 토목 분야에 적용한 수준으로 철도 인프라 정보표현을 위한 세부적인 기술들의 개발이 필요 	<p>■ 기술개발 완료 후</p> <ul style="list-style-type: none"> □ 목표 국내 기술수준 <ul style="list-style-type: none"> - 철도인프라 시설물을 BIM 성과물로 표현할 수 있는 데이터 스키마가 확장 개발됨으로 해서 설계 성과물을 BIM 데이터 모델로 표현하는 것이 가능해짐. - 설계 업무를 지원하는 IT 기반 표준프레임워크가 구축되어 BIM 모델링 업무를 담당하는 각 기관들이 개별적으로 추가적인 개발 없이도 표준프레임워크를 수용하여 비용 절감 및 업무의 효율성을 꾀할 수 있음. - 철도인프라 시설물 종류별 원형 라이브러리가 구축되고 파라메트릭 모델링 기술의 지원됨에 따라 end-user인 설계 실무자가 BIM 정보모델을 보다 효율적으로 손쉽게 작성하는 것이 가능해짐. - 철도인프라 설계를 위한 BIM 정보모델링 기술 정립 및 실무 적용을 위한 가이드라인 개발을 통해 모든 실무자가 표준화된 절차에 의해 BIM 모델을 작성할 수 있는 환경이 마련될 수 있음.

3. 연구개발 범위

■ 철도인프라 정보모델링 기술 개발

- ▶ 철도인프라 데이터 스키마 개발
 - 철도인프라 시설물별 설계업무 분석을 통한 분류체계 반영 요소 도출
 - 활용목적에 따른 철도인프라 표현상세(LoD) 기준설정 및 정의
 - 철도인프라 시설물 / 시설물 구성요소 간의 관계 설정
 - 철도인프라 대응 객체지향형 분류체계 개발
 - 정보 흐름의 관점에서의 철도인프라 시설물별 설계업무 체계화
 - 철도인프라 설계업무에 대한 프로세스 맵 도출
 - 철도인프라 시설물 간의 정보연계를 위한 상위단계 관계 정의 구성 틀 생성
 - 철도인프라 이외의 타 시설물과의 정보연계를 위한 공통자원 식별 및 관계 도출
 - 철도인프라 시설물별 정보 표현 및 관리를 위한 개방형 데이터 스키마 개발/확장
- ▶ 철도인프라 정보모델링 지원을 위한 표준프레임워크 구축
 - 개방형 표준을 활용한 객체기반 정보모델 서버 동향 조사 분석
 - 데이터 스키마 기반 정보모델 생성/관리 프로그래밍 라이브러리 모듈 구현
 - 철도인프라 스키마 기반 정보모델 서버 프레임워크 구축
 - 철도인프라 정보모델 서버 프레임워크의 활용을 위한 배포 구성파일 개발
 - 개방형 표준기반 정보모델 프로그래밍 라이브러리 현황 조사 분석
 - 철도인프라 라이브러리 정합성 검증을 위한 모듈 설계 및 구현
 - 철도인프라 정보모델 서버 프레임워크 운영매뉴얼 개발
- ▶ 철도인프라 3차원 라이브러리 개발
 - 철도인프라 객체 라이브러리의 공통 속성 항목 및 명세서 설계
 - 철도인프라 시설물의 3차원 객체 원형 라이브러리 구축
 - 철도인프라 원형 라이브러리의 확장 방안 개발
 - 철도인프라 정보모델링에 적용하기 위한 객체 라이브러리 조합 방안 도출
- ▶ 철도인프라 정보모델 생성기술 개발
 - 철도인프라 각 시설물의 3차원 객체 모델별 노출정보 도출 방법 결정
 - 철도인프라 정보모델링을 위한 소프트웨어 연동 맵 도출
 - 철도인프라 정보모델기반 설계정보 생성을 위한 기본참조 템플릿 도출
 - 철도인프라 정보모델 시범 생성
 - 철도인프라 정보모델링 가이드 개발을 위한 요구사항 및 가이드 포함 항목 도출
 - 철도인프라의 정보모델 생성 및 활용 가이드 개발
 - 철도인프라 정보모델에 적용 가능한 디지털 도면의 품질평가 참조기준 (예. 평면과 종단선형의 곡선부 간섭검토, 건축한계 및 차량한계 등) 도출
 - 철도인프라 정보모델기반 설계품질 검토를 위한 기준항목 및 검토 포인트 도출

제2장. 국내외 기술 개발 현황

- ※ BIM을 기반으로 철도건설프로젝트를 운영하고 관련 기술을 개발하는 대표적인 해외 기관 및 해외 프로젝트 사업 내용의 현황은 다음과 같음.
- buildingSMART International
 - 국제적인 비영리 단체로 BIM을 위한 국제 표준 제품군을 만들고 있으며, 그중 건축물 정보에 대한 data model 표현 방법인 ISO 16739는 IFC 4 Addendum 1까지 발행되었음.
 - buildingSMART International 산하의 BIM 전문가들과 대표적 AEC 분야 CAD 소프트웨어 개발 업체(Autodesk, Graphisoft, Bentley Systems)들이 GSA와 공동연구를 하여 IFC 기반의 BIM 적용을 위한 일반 지침과 소프트웨어 적용 지침을 개발함.
 - buildingSMART alliance를 결성하고, 다양한 관련 기구 및 기관을 연합하여 BIM의 국가적인 적용을 가속하고 있음.
- China Railway BIM
 - 2013년 베이징에서 China Railway BIM alliance 설립
 - 8개의 주요조직과 35개의 조직으로 BIM standards, Professional applications, Data interface, Platform technology를 주제로 연구
 - BIM 표준을 위한 Railway Engineering Breakdown Structure Guide(EBS), Railway International Framework for Dictionaries(IFD)의 연구목표 달성
 - 교량, 터널, 토공, 역사 등 철도 인프라 주요 구조물의 IFC 확장 연구 진행
- Crossrail Project
 - 2017년 개통을 목표로 총연장 118km, 14.8백만 파운드 규모의 프로젝트로 런던의 동- 서를 가로지르는 프로젝트
 - BIM 모델 기반의 설계와 협업을 통해 상세한 사전 검토와 시공성을 개선을 통해 에러를 감소
 - 데이터 상호운용성 및 이동성을 지원하는 BIM 기술의 지원을 통하여 전 생애주기 단계 차원에서 정보의 손실을 막고 자산 정보가 운영과 유지 단계에서 활용되는 성과를 냄
 - BIM 표준 BS1192 을 준용하였고 협업 솔루션을 통해 약 35%의 공기 단축과 280만 파운드의 예산을 절감
- JR(Central Japan Railway) Case
 - 대지진 복구를 위해 1,120억 달러가 투자된 프로젝트
 - Civil3D, Revit structure 등이 설계를 위해 활용되었고 3D 설계지원을 위해 '3D model design support system'이 개발됨
 - BIM모델은 기존 선로 복구를 위해 시공 기간 단축, 수량 및 견적, 대지진 복구계획에 활용할 수 있도록 개발하여 사용
 - 개발된 시스템은 철로 작업 생산성 개선을 위해 활용되며 기존 선로의 개선 및 유지 보수에도 활용됨
 - 상용 모델러에서 개발된 철도모델은 일본 표준에 부합하게 디자인되도록 별도 시스템을 통하여 산출물 등을 표준에 맞게 출력할 수 있도록 지원하고, 설계 개선, 규칙 검토 등이 가능하도록 하였음.
 - BIM을 복구사업의 전반에 사용하고 있으나, 생애주기 단계 중 설계 및 시공에 높은 활용을 보인 반면 유지보수 이후의 단계에 활용도는 미흡
- Qatar Railway Project
 - Qatar Railway Company(QRC) 주관으로 진행된 약 357억달러 규모의 프로젝트
 - 도하 메트로와 장거리 철도 및 화물 철도 등 3개의 프로젝트로 구성
 - 단일 플랫폼 기반으로 3D 모델을 생성하고 이를 활용할 것을 권장하며 파일을 Industry Foundation Classes(IFC) 포맷으로 제출할 것을 요구
 - ISO 12006-2 기반의 객체지향형 분류체계인 Uniclass를 정보요구사항으로 제시
 - 3D 모델의 Level of Detail(LOD) 기준 이외에 2D 도면까지 LOD 기준을 정하여 표현
 - BIM FORUM 2013에서 제시한 LOD 기준을 사용하여 LOD 350단계까지 고려
 - 부재별 elements Level of Details(eLOD), information Level of Details(iLOD) 제시.

제3장. 연구 수행 내용 및 성과

1. 철도인프라 데이터 스키마 개발

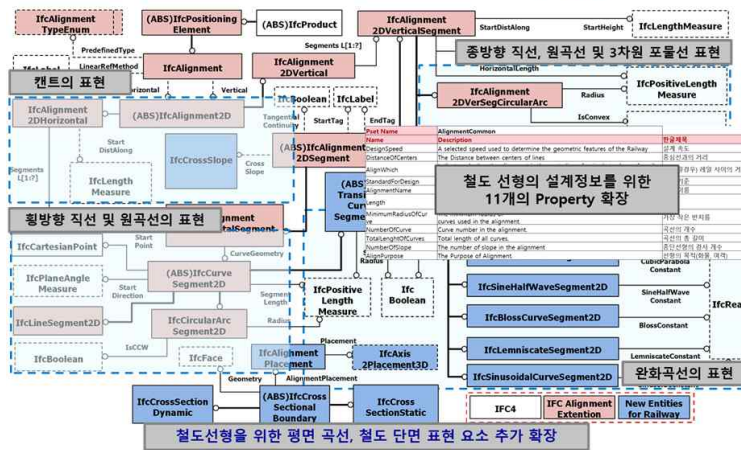
성 과 명	철도인프라 정보모델링을 위한 데이터 스키마
수행기관	연세대학교
정 의	데이터의 교환 및 공유를 위해 철도인프라를 구성하는 정보요소들의 형상표현 방법, 속성 및 요소들의 관계를 정의해 놓은 데이터 구조 상세
사용주체	철도인프라 설계 업무 관계자 (ex. 철도인프라 설계 엔지니어)
핵심성과 개요	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 철도인프라에 대한 분류체계 및 데이터 스키마 현황 조사 및 분석 <ul style="list-style-type: none"> - 철도인프라 관련 분류체계 현황 조사 및 분류 카테고리 선정 - 철도인프라 정보 표현 상세수준(LoD) 설정 - 사회기반시설을 지원하는 데이터 스키마 현황 조사 및 최적 데이터 스키마 선정 - 철도인프라 지원을 위한 기존 데이터 스키마들의 공통요소 및 자원 분석 - 소프트웨어 기반 정보연동 프로세스 및 철도인프라 모델로의 적용방안 검토 - 정보 흐름의 관점의 철도인프라 시설물별 설계업무 체계화 및 설계 프로세스 맵 도출 ▪ 철도인프라에 대한 분류체계 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 기존 분류체계 항목들의 표준화 및 통일화 : 구성항목별 Categorization, 주요구성요소 Selection, 용어통일 및 Normalization - 표준화 및 통일화 과정을 통해 도출된 항목들을 철도인프라 시설물의 Product 관점에서 위계, 관계에 대해 정리한 Product Breakdown Structure (PBS) 도출 - 철도시설공단 PBS 기반 위상, 구성요소의 확장 및 데이터 스키마 요소와 매핑 ▪ 철도인프라 시설물의 정보모델링을 위한 개방형 데이터 스키마 확장 <ul style="list-style-type: none"> - 철도인프라 데이터 스키마 확장 참고 요소의 구조화(궤도, 노반, 철도교량, 철도터널, 전기 및 신호 시설물) ※ 철도인프라 데이터 스키마는 철도인프라 설계정보 전달 및 교환을 위한 표준으로 특정 철도 분야에 국한되어 있지 않은 원천기술로서 추후 속성을 추가 반영함으로써 도시철도, 경전철의 특성을 반영할 수 있음. - 철도인프라 시설물의 설계정보 표현을 위한 속성 항목 도출 ▪ 철도인프라 정보모델 생성을 통한 데이터 스키마 적용성 검토 및 보완 <ul style="list-style-type: none"> - 확장 데이터 스키마 검증 과정의 보완사항을 PBS에 반영 - 오송시험선의 설계 정보를 대상으로 한 데이터 스키마 적용성 검토 및 확장 요소의 보완
핵심연구 성과	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 철도인프라 시설물에 대한 PBS 확장 및 확장 데이터 스키마 요소와 매핑 완료 <ul style="list-style-type: none"> - 노반, 궤도, 철도교량, 철도터널, 전기 및 신호 시설물에 대한 6단계 PBS 도출 완료 - 노반, 궤도에 대한 정보 구성요소 정의서 개발 - 기존 철도시설공단 PBS의 확장 (Level 2단계 확장(Level 5(시설 세세분류), Level 6(시설 세세세분류)), 요소 추가(Level 3: 2개, Level 4: 26개, Level 5: 129개, Level 6: 61개)) ▪ 철도인프라 시설물의 설계 단계 정보 표현을 위한 데이터 스키마 확장 <ul style="list-style-type: none"> - 노반, 궤도, 선형, 지형, 철도교량, 철도터널, 전기 및 신호 시설물을 위한 데이터 스키마 요소의 검토 및 확장 완료 (IFC-Alignment 프로젝트, KICT와 CRBIM Alliance의 기존 성과 참조) ▪ 정보모델 생성을 통한 확장 데이터 스키마 검증 완료 <ul style="list-style-type: none"> - IFCRailway 자체의 syntax 측면 검토 (142개의 entity, 59개의 type을 추가한 스키마를

대상으로 구문, 구조, 참조(조건) 및 형식에 대한 적합성 검토 완료)

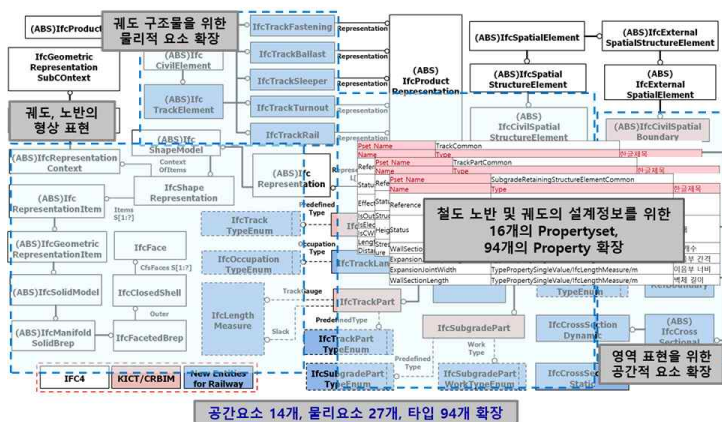
- IFCRailway 기반 정보모델의 syntax 측면 검토 완료 (시험 2교의 11,723,993개 객체, 시험 7교의 10,275,809개 객체, 시험 4터널의 82,147,160개 객체와 시험 6터널의 76,933,900개 객체에 대한 검토 완료)
- IFCRailway 기반 정보모델의 semantic 측면 검토
 - IFCRailway의 Entity 적용 가능성 검토 완료
 - 생성 정보모델 내 형상 정보의 정확성 검토 완료
 - Entity의 Attributes와 Relationship의 적합성 검토 완료
 - 정보모델에 설계 정보(구조물 설계 정보 및 지반 정보, 선형 정보 등)에 대한 속성세트 반영 여부 검토 완료

확장 시식분류체계 (PBS)												매핑 Entity	매핑 Entity
코드	Level 1	코드	Level 2	코드	Level 3	코드	Level 4	코드	Level 5	코드	Level 6		
(1)	대분류	(1)	중분류	(1)	소분류	(2)	세분류	(1)	세세분류	(1)	세세세분류		
A	노반	AB	교량										
				AB0	공동							IfcCivilElementProxy	IfcBuildingElementProxy
						AB000	공동					IfcCivilElementProxy	IfcBuildingElementProxy
				AB1	상부구조							IfcCivilElementProxy	IfcBuildingElementProxy
						AB100	공동					IfcBridgeSlab	IfcSlab
						AB101	상판			AB101A	슬래브	IfcBridgeSlab	IfcSlab
										AB101B	거석플레이트	IfcBridgeSlabSegment	IfcMember

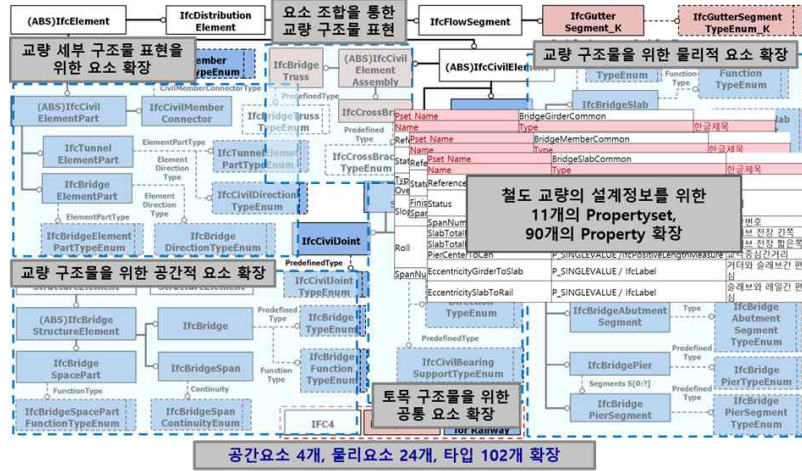
철도인프라 데이터 스키마 확장 - 철도 선형



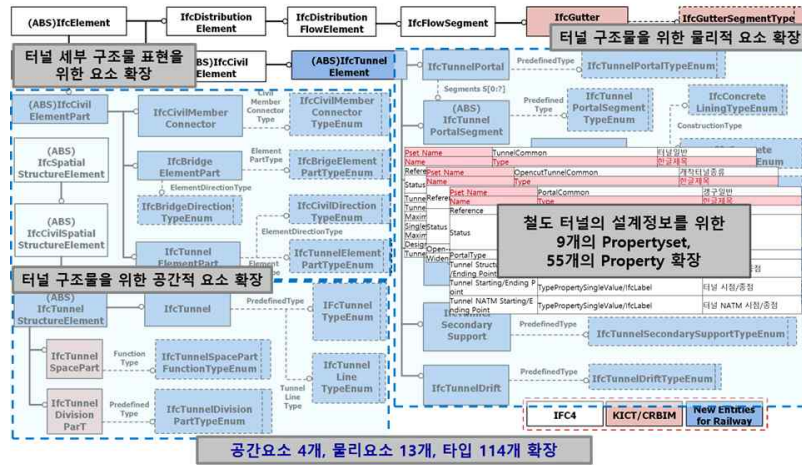
철도인프라 데이터 스키마 확장 - 철도 노반 및 궤도



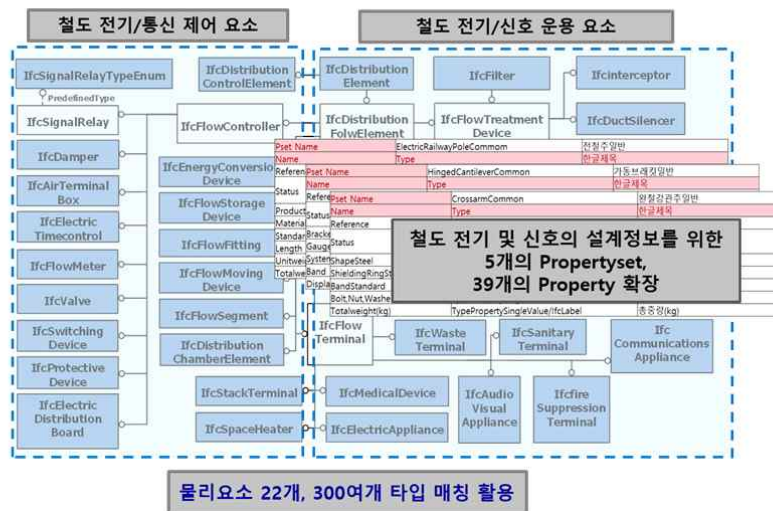
철도인프라 데이터 스키마 확장 - 철도 교량



철도인프라 데이터 스키마 확장 - 철도 터널



철도인프라 데이터 스키마 확장 - 철도 전기 및 신호



2. 철도인프라 정보모델링 지원을 위한 표준 프레임워크 구축

성 과 명	철도인프라 정보모델링 지원을 위한 표준 프레임워크 구축
수행기관	두컴스엔지니어링/이엔지소프트
정 의	철도인프라 스키마 기반 정보모델을 설계단위에서 생성/관리할 수 있는 서버 프레임워크
사용주체	철도인프라 설계 업무 관계자 (ex. 철도인프라 설계 엔지니어)
핵심성과 개요	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 철도인프라 정보모델 서버 프레임워크 구성방안 연구 <ul style="list-style-type: none"> - 개방형 표준을 활용한 객체기반 정보모델 서버 동향조사 - 개방형 표준기반 BIM 정보모델 프로그래밍 라이브러리 현황조사 - 객체 라이브러리 변환모듈 및 유효성 검증 모듈 조사 분석 - 철도인프라 정보모델 구성을 위한 프레임워크 구현방안 사전연구 ▪ 데이터 스키마 기반 정보모델 생성/관리 요소기술 <ul style="list-style-type: none"> - 개방형 표준 정보모델 서버 프레임워크 개발을 통해 오픈소스 기반 범용성 기술구현 - 철도인프라 정보의 생성·재사용·표현을 위한 정보모델 서버기반의 프로세스 처리 기술 연구 - 철도인프라 정보모델 유효성 검토항목 표준 템플릿구축 - 데이터 스키마 기반 모델 데이터의 논리조건, 형상조건 반영한 모델 활용 적합성 검토 및 데이터 무결성 검토 알고리즘 기술 도출 - 데이터 스키마 기반 정보모델 생성/관리 프로그래밍 라이브러리 구현 ▪ 철도인프라 정보관리를 위한 정보모델 서버 프레임워크 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 철도인프라 스키마 기반 표준 라이브러리 형상 검토를 위한 뷰어시스템 구현 - 철도인프라 정보의 관리업무 지원을 위한 업무처리 서비스 모듈 구현 - 철도인프라 데이터 스키마 기반 데이터 입력·제어·출력 컨포넌트 구현 - 철도인프라 스키마 유효성 검증을 위한 정보모델 서버 프레임워크 구현 ▪ 철도인프라 정보모델 서버 프레임워크 설계업무 적용 방안 확립 <ul style="list-style-type: none"> - 철도인프라 정보모델 서버 프레임워크의 설계업무 적용을 통한 3차원 객체 라이브러리 유효성 검증 및 정보모델 서버 프레임워크 기능 검토 - 철도인프라 정보모델 서버 프레임워크의 활용을 위한 및 배포 구성파일 구축 - 철도인프라 정보모델 서버 프레임워크 운영 매뉴얼 작성
핵심연구 성과	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 정보모델 서버 프레임워크 구현방안 방법론 연구 <ul style="list-style-type: none"> - IFC의 웹을 통한 파일 교환방식과 데이터베이스를 통한 정보의 변환방식 분석을 통해 철도 인프라 BIM의 형상과 속성정보를 Schema형태로 서버에서 관리하는 방법론을 도출 - 다양한 설계 도구를 통해 생성된 BIM 데이터를 업로드하고 사용자가 원하는 정보를 추출하거나 갱신할 수 있도록 하기 위해 웹서비스(Web service)를 이용해 질의할 수 있는 기능과 데이터베이스(Database)에 보관 및 관리하는 기능을 통합하는 프레임워크로 구성 ▪ 개방형 서버 프레임워크를 통한 오픈소스 기반 범용성 구현 방안 적용 <ul style="list-style-type: none"> - IFC 포맷의 SQL 변환방식 분석을 통해 철도 인프라의 형상과 속성정보를 Schema형태로 서버에서 관리하는 스키마(IFC)기반 데이터베이스 적용 - PLM(Product Lifecycle Management) 기반의 플랫폼에 표준 스키마(IFC)기반 데이터베이스 적용을 통해 오픈소스 기반의 범용성 확보 - 정보의 생성·재사용·표현을 위한 정보모델 서버기반의 프로세스 처리 기술 구현

▪ 철도인프라 스키마 기반 형상 검토를 위한 뷰어시스템 구현

- 철도인프라 정보모델(IFC)파일을 정보모델 서버에 Http방식으로 업로드 후 WebGL 기반의 IFC Viewer를 통하여 철도인프라 정보모델 형상 검토
- 철도인프라 확장 엔티티를 포함한 스키마의 형상 및 속성정보 비교하여 모델 형상조건 적합성 검증

▪ 철도인프라 정보모델 서버 프레임워크 설계업무 및 배포 프로세스 구현

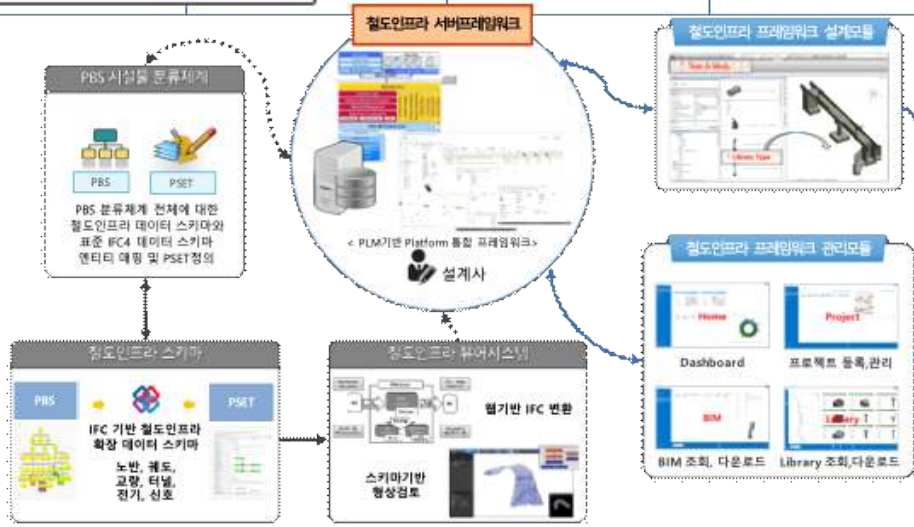
- 철도인프라 라이브러리의 설계업무 지원 및 프로젝트별 BIM 모델 관리를 위한 서비스 모듈 구현
- 철도인프라 스키마 기반 정보모델 서버 프레임워크 기반의 관리 모듈을 통한 프로젝트별 BIM 모델과 철도설계 성과물 간의 연계 방안 구현
- 사업단위 업무분류체계와 계약단위 업무분류체계의 조합코드를 연계한 프로젝트 폴더구조를 통해 산출물 관리 및 설계성과물 배포 프로세스 구현

▪ 철도인프라 정보모델 서버 프레임워크의 설계업무 적용 검증

- 철도인프라 정보모델 서버 프레임워크의 설계 업무 적용을 위한 철도프로젝트 설계 납품 업무 프로세스 지원 가능 여부 검토수행
- 철도인프라 정보모델 프레임워크 설계 모듈에서 원형 라이브러리를 적용한 Library Model 과 라이브러리를 적용하지 않는 Non-Library Model의 시설물(객체) 분류체계 기반으로 통합관리
- 철도인프라 정보모델 서버 프레임워크의 활용을 위한 및 배포 구성파일 및 운영 매뉴얼 작성

최종목표 **철도인프라 정보모델링 지원을 위한 표준프레임워크 구축**

1차년도	2차년도	3차년도	4차년도
시스템 설계 및 요소기술 개발 철도인프라 정보모델 서버 프레임워크 구성방안 객체기반 정보모델 서버 통합조사 개방형 표준기반BIM 정보모델 프로그래밍 라이브러리 현황 조사 객체 라이브러리 변환모듈 및 유효성 검증 모듈 조사 분석 철도인프라 정보모델 구성을 위한 프레임워크 구현방안	데이터 스키마 기반 프레임워크 구축 철도인프라 정보관리를 위한 정보모델 서버 프레임워크 구축 표준 정보모델 서버 프레임워크 구축 철도인프라 정보의 재사용을 위한 정보모델 서버기반의 프로세스 처리 데이터 스키마 기반 정보모델 생성/관리 프로그램 라이브러리 구현	스키마기반 정보모델 프레임워크 적용 철도인프라 정보모델 지원을 위한 관리모듈 개발 철도인프라 스키마 기반 정보모델 서버 프레임워크 구현 철도인프라 스키마 기반 형상 검토를 위한 뷰어시스템 구현 철도인프라 정보의 관리업무 지원을 위한 업무처리 서비스 모듈 구현	설계업무 지원을 위한 체계 구축 철도인프라 정보모델 서버 프레임워크 설계 업무 적용방안 철도인프라 정보모델 서버 프레임워크의 설계업무 적용 검토 철도인프라 정보모델 서버 프레임워크 운영 매뉴얼 작성



3. 철도인프라 3차원 라이브러리 개발

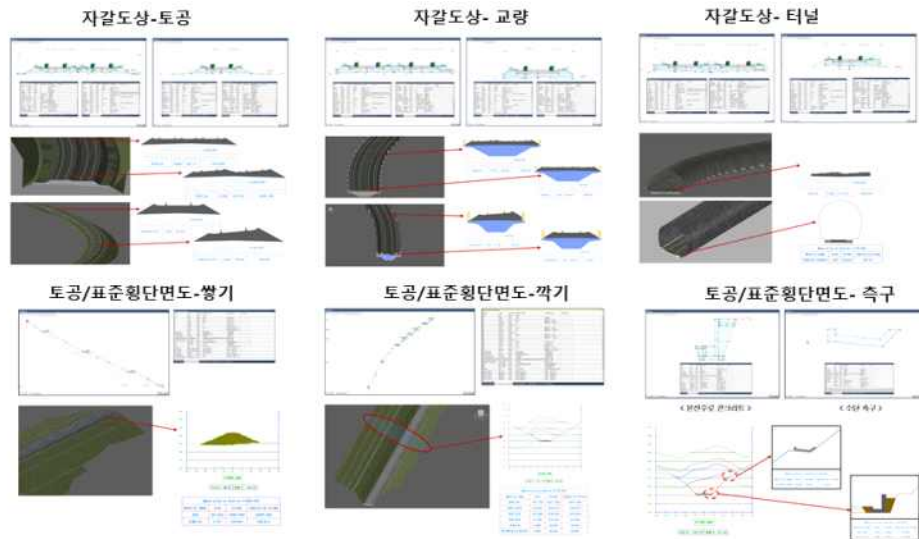
성 과 명	철도인프라에 대한 3차원 객체 라이브러리 구축 및 명세서 작성
수행기관	한국건설기술연구원
정 의	철도인프라 객체 라이브러리의 공통 속성 항목 및 명세서를 설계하고, 철도인프라 시설물의 3차원 객체 원형 라이브러리 구축
사용주체	철도인프라 설계 업무 관계자
핵심성과 개요	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 철도인프라 시설물 라이브러리 구축 범위 설정을 위한 요구사항 정의 <ul style="list-style-type: none"> - 철도인프라 시설물 관련 기준, 표준도 및 성과품(도면, 수량산출서 등) 수집 - 철도인프라 관련도면 분석 - BIM authoring tools의 객체 라이브러리 구현가능 범위 분석 - 국내외 객체 라이브러리 속성 및 명세서 수집 - 철도인프라 라이브러리 대상 시설물 범위 결정 ▪ 철도인프라 시설물별 대표타입에 대한 각 소프트웨어별 시범 프로토타입 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 시설물별/소프트웨어별 구현 작성범위 결정 - 라이브러리 유형별 형상 1차 모델링(선형,노반,궤도,토공 중심) - 라이브러리 유형별 형상 2차 모델링(터널, 교량, 전기, 신호 중심) - 속성분류, 공통속성 및 시설물별 속성 정의 - 대상 시설물/유형별 형상, 속성 분석 및 파라미터 도출 - 시설물 라이브러리 종류별 명세서 작성 ▪ 철도인프라 객체 라이브러리기반 설계 시범 모델 테스트 <ul style="list-style-type: none"> - 테스트 결과에 따른 철도인프라 객체 라이브러리 보완 - 관리시스템 적용을 위한 패키징 - 철도인프라 라이브러리 제작 및 활용 가이드 방향 설정 및 기본 콘텐츠 작성 - 시범 모델 구축 과정에서 검증된 라이브러리의 활용 방법 등을 시설물별 활용 가이드라인으로 작성함
핵심연구 성과	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 철도인프라 시설물별 원형 라이브러리 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 소프트웨어별 구현 작성범위 결정 <ul style="list-style-type: none"> 선형/노반 : Autodesk Civil3D, Bentley RailTrack 궤도 : Autodesk Revit, Bentley AECOsim 교량, 터널, 전기, 신호 : Autodesk Revit, Bentley AECOsim - 노반편(186장), 궤도편(56장) 분석 및 형태 144개, 유형 510개 도출 - 파라메트릭 기반의 원형 라이브러리 구축[163개 형태(Civil3D 41개, Revit 60개, AECOsim 60개), 501개 유형(Civil3D 225개, Revit 130개, AECOsim 130개)] - 교량부분 33개 형태, 36개 유형의 라이브러리 구현하였으며, 상부구조(라멘교, PSC BEAM, IPC GIRDER, RPF BEAM), 하부구조(교대, 교각, 기초), 기타(교량받침, 공동관로 등)으로 구분함 - 터널 부분 17개 형태, 17개 유형으로 라이브러리 구현하였으며, 일반구간(라이닝, 슛크리트, 록볼트 등), 개착구간(개착터널, 갱문 등)으로 구분함 - 신호 부분 39개 형태와 39개 유형의 라이브러리 구축하였으며, BIM 객체로 표현 가능한

시설물(신호기)을 대상으로 하였음

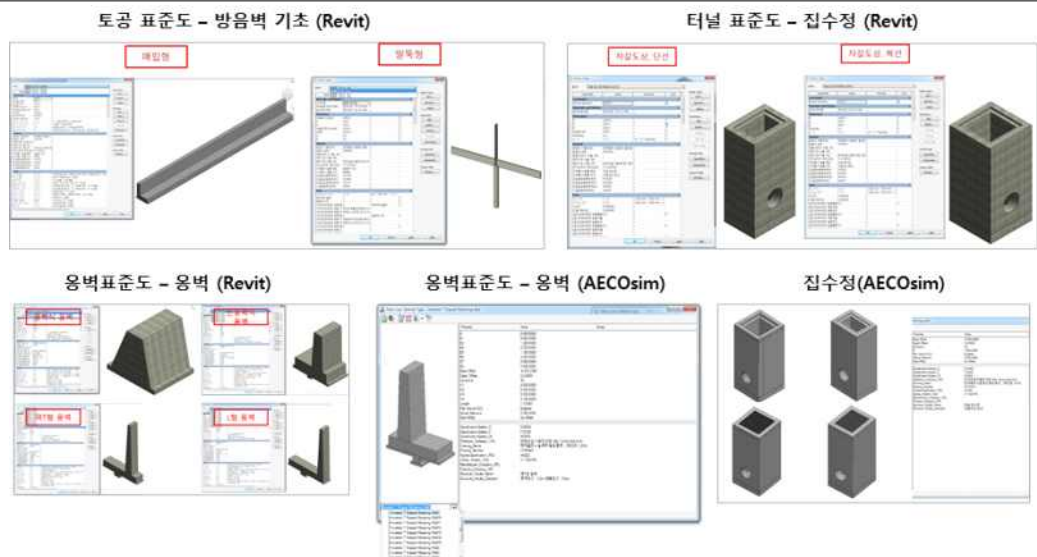
- 전기 부분 133개 형태와 237개 유형의 라이브러리로 구축하였으며, 전차선(전철주, 기초, 가동브래킷 등)과 토목 전기시설(핸드홀, 트로프 등)을 대상으로 함

▪ BIM 라이브러리 활용 시범 모델 구축

- 오송 철도중합시험선로 중에서 시설물별 라이브러리를 최대한 활용, 검증할 수 있는 구간으로 선정
- 토공, 교량, 터널 구간을 1개소씩 포함하고 있는 시험선(현) 4km300.0 ~ 4km820.0 구간으로 하여 작성
- 시범 모델 구축 과정에서 2, 3차연도에 작성한 원형 라이브러리 및 명세서의 오류 사항의 도출하고 수정하였으며, 모델을 구축한 설계자의 개선사항 및 의견을 도출
- 시범 모델 구축 과정에서 검증된 라이브러리의 활용 방법 등을 시설물별 활용 가이드라인으로 작성
- 향후 건설 CALS 시스템에 라이브러리 등록 및 배포 예정이며, 기존의 도로 라이브러리와 현재 구축 진행중인 하천 라이브러리 등과 연계하여 지속적 업데이트 및 관리 예정임



Civil 3D 선형 기반 라이브러리



Revit & AECOSim 라이브러리



BIM 라이브러리 활용가이드

4. 철도인프라 정보모델 생성기술 개발

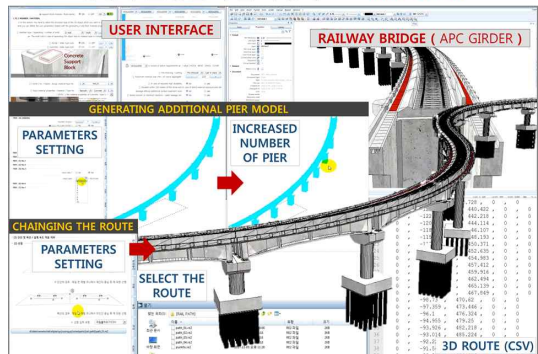
성 과 명	철도인프라 설계를 지원하는 정보모델링 표준절차 및 디지털도면 작성 가이드
수행기관	서영엔지니어링
정 의	철도인프라의 3차원 정보모델을 생성하는 표준절차를 구축하고 구축된 표준절차가 반영된 3차원 정보모델 생성 가이드라인을 제시함. 또한 3차원 정보모델에서 디지털 도면을 도출하는 가이드라인을 제시함.
사용주체	철도인프라 설계 업무 관계자 (ex. 철도인프라 설계 엔지니어)
핵심성과 개요	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 철도인프라 정보모델 생성 표준절차 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 3차원 정보모델이 활용되어 설계성과가 납품된 기존사례 분석 및 개선사항 도출 - 선형기반시설의 모델링 · 디지털 도면 도출 표준안 마련을 위한 BIM 소프트웨어 분석 - 설계지원에 필요한 철도인프라 3차원 객체의 유형 및 분류체계 구축(2-1 연구과제 연계) - 객체의 형상정보가 정의되는 설계단계파악 및 주요 설계 변수 정의(2-3 연구과제 연계) - 기존설계성과품의 분석을 통한 설계지원목적의 필수속성정의(2-1 연구과제 연계) - 공구 단위(설계 과업 단위) 규모의 조합모델 구축을 위한 모델링 프로세스 구축 - 철도의 선형데이터를 기반으로 하는 3차원 객체의 생성, 배열, 배치 절차의 표준화 ▪ 철도인프라 정보모델 생성 가이드 작성 <ul style="list-style-type: none"> - 타 분야 기존 정보모델생성 가이드 및 지침 분석 - 노반(토공 · 교량 · 터널), 궤도, 신호, 전기의 공종 및 공정별 설계절차 분석 - 철도인프라 정보모델의 모델 생성 유형별 플로우차트 작성 - 노반(토공 · 교량 · 터널), 궤도, 신호, 전기의 정보모델링 수행표 작성 - 철도인프라 정보모델 생성 가이드 구축 및 검토(오송 종합시험선 시범정보모델링) ▪ 철도인프라 디지털도면 생성 가이드 작성 <ul style="list-style-type: none"> - 철도인프라(교량, 터널, 노반, 궤도, 신호, 전기)의 공종 및 공정별 2차원 도면 분석 - 철도시설의 유형에 따른 2차원도면의 정보표현방식 정의 - 3차원 모델뷰로 구성되는 디지털도면의 이론적 정의 수립 - 철도인프라 정보모델기반 디지털 도면 생성 방법 및 시범 디지털도면 제시 - 철도인프라 디지털 도면 생성가이드 구축 및 검토(오송 종합시험선 시범정보모델링)
핵심연구 성과	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 선형 기반의 철도인프라 3차원 정보모델 생성 표준절차 <ul style="list-style-type: none"> - 철도인프라 형상구현유형(3차원선형, 선형종속모델, 선형독립모델)을 정의함. - 철도인프라 형상구현유형에 따른 모델링방법을 정의하고 이를 반영한 객체조합모듈을 개발하여 적정성 검토를 완료함.(대상시설:철도교량, 기능:3차원선형과 소요설계변수 입력을 통한 교량구성객체들의 생성·배열·배치, 검토결과:형상 및 위치의 신뢰성 확인) [☞ 2-4연구 정량적 연구성과(KCI논문) 참고] - 객체별 3차원 기준경로 도출방법을 정의하고 모델생성 표준절차(선형종속형상 3차원 정보모델 생성절차, 선형독립형상 정보모델 3차원 배열절차) 구축을 완료함. - 라이브러리(2-3 연구성과)와 정보모델링 표준플랫폼(2-2 연구성과)의 활용, 모델생성을 위한 데이터흐름, 유관업무 이벤트들로 구성된 플로우차트 작성을 완료함. [☞ 2-4연구 핵심 연구성과(철도인프라 정보모델 생성가이드) 2장 참고] ▪ 표준절차를 반영한 3차원 정보모델 생성 가이드 <ul style="list-style-type: none"> - 철도인프라 형상구현유형별 모델링 흐름도 및 구성요소의 정의내용을 수록함. - 철도인프라 정보모델생성 표준절차의 반영을 유도하기 위한 설계BIM 수행표를 제시함. - 노반(토공 · 교량 · 터널), 궤도, 신호, 전기의 철도인프라 유형별로 설계BIM 수행표를 작성한 예시를 정보모델생성 가이드로써 수록함. [☞ 2-4연구 핵심 연구성과(철도인프라 정보모델 생성가이드) 3장~8장 참고] ▪ 정보모델로부터 도출되는 디지털도면 생성 가이드 <ul style="list-style-type: none"> - 기존도면의 정보노출측면 검토(266종의 철도인프라 2차원 도면 분석)완료 - BIM 소프트웨어(Bentley-Rail Track, Nemetschek-Allplan, Autodesk-Revit/Civil3D/Naviswork 등)의 디지털 도면작성 적합기능 보유여부 검토 완료 - 다중페이지 형태의 제도 및 노트블록으로 구성된 디지털 도면의 양식작성을 완료함.

- 제도영역에 치수객체를 포함한 모델뷰를 적용하여 정보모델로부터의 도면도출을 성립함.
- 디지털도면 양식을 반영하여 적용 모델뷰의 크기와 소요입력정보에 따라 생성되는 도곽 생성 모듈을 개발, 정보모델로부터의 도면생성작업에 대한 용이성을 확보함.
[2-4연구 핵심 연구성과(철도인프라 정보모델 생성가이드) 9장 4.3.3 참고]
- 제도 및 노트블록에 노출되는 정보의 유형을 규정하여 디지털도면의 기획을 일반화함.
[2-4연구 핵심 연구성과(철도인프라 정보모델 생성가이드) 9장 4.4 참고]

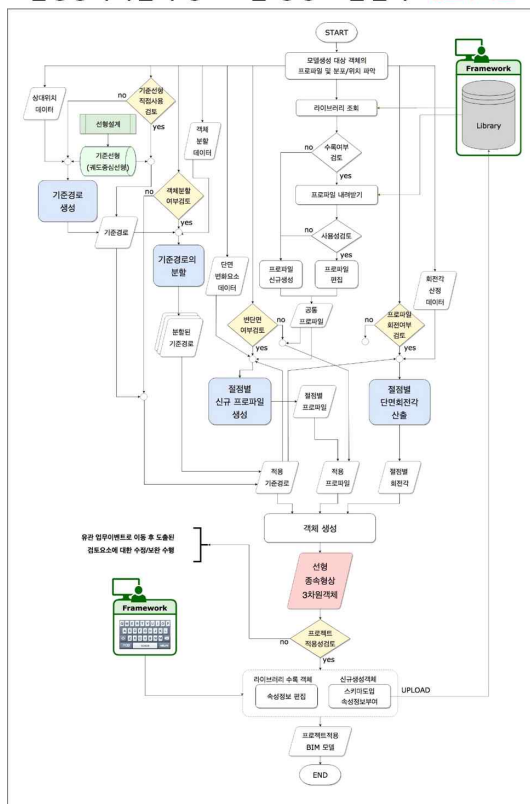
철도인프라 형상구현 유형 정의 - 철도선형기반

구분	설명	형상구현방법
기준 선형	열차가 이동하는 경로를 의미하며, 일반적으로 레일면고에서 궤간의 중심점을 연결한 궤도중심선형에 대하여 적용함.	평면 및 종단선형으로부터 획득할 수 있는 공간 점점차표들을 연결하여 3차원 라인으로 구현
선형종속객체	철도 선형이 형상에 관여하는 객체	단면 프로파일을 정의된 경로로 통과시켰을 때 얻을 수 있는 객체의 형상을 솔리드로 생성
선형독립객체	철도 선형이 형상에 관여하지 않으나 기준위치 및 방향정보에 관여하는 객체	노선의 연장에서 정의되는 연장방향, 횡단방향, 수직방향상 위치에 따라 도출된 3축 좌표와 해당 객체의 기준점을 일치시키고 정의된 방향 회전함

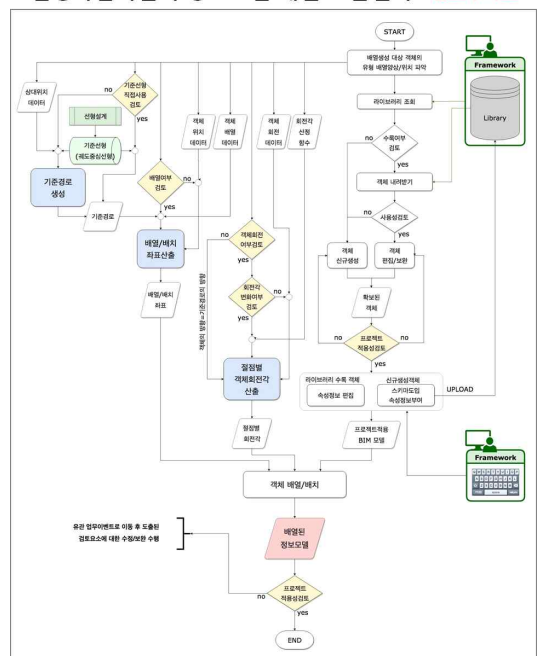
형상구현방법의 신뢰성확보 - 객체조합모듈



선형종속시설의 정보모델 생성 표준절차 - 플로우차트



선형독립시설의 정보모델 배열 표준절차 - 플로우차트



설계BIM 수행표 - 적용모델의 사용성 검토 -

④ 전주기조 모델 생성 [BIM EXECUTION TABLE]						
유관설계단계	기준선형	모델	유형			
상부구조설계	궤도중심선	전주기조 모델(3D객체)	선형독립형상 3차원 객체			
사용성 검토	항목	판단 기준	수용가능	보완사항	검토	
		항목	구현여부			
상세수준	전주기조	결근	O			
		결근	X			
		평거봉분	O	만족	없음	OK
		고정면	O			
규격적용	단면형상정보의 매개변수여 및 적용 가능 여부	전주기조상세	O			
		레이아웃	O			
스키마	궤도인프라 정보모델 표준스키마 준용	결근	O			
		레이아웃	O			
속성	RC 구개의 형상정보 및 재료정보 / 전주기조상세의 규격 및 재료정보 포함여부	결근	O			
		레이아웃	O			
반드시 고려	사용성검토				OK	
	해당 없음					

설계BIM 수행표 - 프로젝트일반 -

프로젝트일반 [BIM EXECUTION TABLE]			
프로젝트	철도종합시험선로 건설공사		
설계단계	실시설계		
대상시설	시험 제7교 노반구조물		
대상구간	항목	데이터	비고
	시정	기준위치 = 교대 배면면 전면, 시험선(면) 10km187.25 중정 = 기준위치 = 교대 배면면 전면, 시험선(면) 10km459.20 연장 = L=271.950m (= 10km459.20m - 10km187.25m) 구성 = 기준위치 = 교각 중심, 30.250m * 7 + 30.10 * 2	평면도 상의 길이
목표 설계 성과	4D, 도면(일반도), 수행신출		
노반구조	구분	데이터	
	상부구조	APC(Advanced Prestressed Concrete) 거더	
하부 구조	교각	T형 교각	
	기초	역형 교대 강관말뚝기초	
객체 조합 구조	Super-structure	span-1 span-2 ... span-9	
	Sub-structure	span-1 span-2 ... span-9	
OBS	Start	End	
	Object Breakdown Structure	Secondary	

제4장. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

가. 양적 성과목표 달성도

구 분		1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	계
국외논문 게재	SCI	-	-	-	1(1revision)	2
	비SCI	-	-	-	-	-
	계	-	-	-	1(1revision)	2
국내논문 게재	SCI	-	-	-	-	-
	비SCI	-	4	4	3	11
	계	-	4	4	3	11
특허출원	국내	-	1	3	1	5
	국외	-	-	-	-	-
	계	-	1	3	1	5
특허등록	국내	-	-	-	2	2
	국외	-	-	-	-	-
	계	-	-	-	2	2
인력양성	석사	-	-	-	-	-
	박사	-	-	-	-	-
	계	-	-	-	-	-
국내외학술대회	국내외학술대회	-	13	9	8	30
기타	상용화	-	-	-	-	-
	시제품	-	-	-	-	-
	S/W등록	-	2	3	-	5
	기술문서	-	-	-	-	-
	성과홍보	-	-	-	-	-
	가이드라인	-	-	-	-	-
	Test-bed 결과보고서	-	-	-	-	-
	모듈 기능 검증보고서	-	-	-	-	-
	s/w모듈	-	-	-	-	-
	기타 (분석보고서, 업무정의서, 로드맵 등)	-	-	-	-	-

‘18.5.22, 프랑스 파리, buildingSMART International Summit

‘18.4.2.-4., 창원컨벤션센터, 한국전산구조공학회 국제학술대회 CODE 철도 BIM 연구단 세션 운영

‘ 18.4.12, ACECC BIM Technical Committee (TC-13) 활동 보고서에 철도 BIM 과제 연구활동 반영

‘ 18.6.7.-8., COEX, 2018 국토교통기술대전 철도 BIM 연구단 부스 운영 및 세부 연구활동 발표

‘ 18.6.15., 한국철도시설공단, 철도 BIM 가이드라인 및 로드맵 공청회

‘ 18.9., 한국철도시설공단 인덕원-동탄 제 1, 9공구 BIM 발주를 위한 가이드라인 논의

‘ 18.9.18.-21., 베를린, 국제철도박람회 (InnoTrans) 연구단 성과 발표

‘ 18.9.20, ACECC BIM Technical Committee (TC-13) 활동 보고서에 철도 BIM 과제 연구활동 반영,
“2019 ACECC Technical Committee Activity Award” 수상

‘ 18.11.23, 제주도, 한국전산구조공학회 학술심포지엄 철도 BIM 연구단 2세부 철도 BIM 특별세션 성과발표

나. 연구성과 총괄(전체연구기간) 및 관련 분야 기여도

구분	핵심성과	상세성과항목	질적 목표치	평가기준	가중치 (%)	양적 목표치	가중치 (%)	관련 분야 기여도	해당 기관		
2세부	A	A-1	철도인프라 관련 분류 체계 현황 조사 분석	○ 국제표준 / 선진 기관의 분류체계 검토	○ 분류체계 현황 조사 분석서	2.7	-	<ul style="list-style-type: none"> 기존 철도 시설 업무에 활용되 왔던 PBS를 확장 함 으 르 써 IFCRailway를 이용한 BIM 기술의 적용을 용이하게 함. IFCRailway와 직접 대응 가능한 PBS 구축을 통해 기술 보급 확산을 용이하게 함. 	지쓰리씨연세대 학교		
		A-2	철도인프라 정표표현 상세 기준	○ 시설물 정보표현 상세수준의 적절성	○ 정표표현 상세기준서	0.9	특허 출원 1건		3.4	연세대 학교	
		A-3	철도인프라 대응 객체 지향형 분류체계	○ 시설물의 누락 유무 및 적용 가능성 ○ 객체 수용 및 데이터 스키마 적용 가능성	○ 분류체계 요소 항목 검토 ○ 분류체계 및 데이터 스키마 적용 여부	8.5	KCI 논문 1건		3.4	지쓰리씨연세대 학교	
		A-4	철도인프라 구성요소 정보 구성요소 정의	○ 시설물의 누락 유무	○ 철도인프라 시설물 객체에 대한 기능 및 활용	2.5	KCI 논문 1건		3.4	지쓰리씨연세대 학교	
	B	철도인프라 정보모델링위 데이터 스키마	B-1	사회기반시설 지원 데이터 스키마 현황 및 분석	○ 국제표준 / 선진 기관의 데이터 스키마 검토	○ 데이터 스키마 및 현황 분석서	1.0	-	<ul style="list-style-type: none"> IFCRailway를 개발함으로써 건축분야의 BIM 표준을 통해 토목 구조물의 의미를 우회 반영할 수 밖에 없었던 한계 극복에 기여 철도인프라 시설물 설계정보를 BIM 표준에 근거하여 표현할 수 있는 가능성을 제시함으로써 새로운 산업 생태계 환경의 근간 구축에 기여 	연세대 학교	
			B-2	철도인프라 설계업무에 대한 프로세스 맵 도출	○ 철도 설계 업무의 반영	○ 설계업무 프로세스 맵	1.2	-			
			B-3	철도인프라 시설물 간 정보연계 상위단계 관계정의 프레임워크	○ 정보연계 가능성	○ 상위 단계 정보의 관계 매핑	2.8	KCI 논문 1건			3.4
			B-4	철도인프라 정보표현을 위한 개방형 데이터 스키마 (선형, 궤도, 노반, 토공)	○ 선형, 궤도, 노반, 토공 정보의 수용률	○ 선형, 궤도, 노반, 토공 데이터 스키마 검토	5.3	KCI 논문 1건 특허 출원 1건 [초과] 등록 1건			7
			B-5	철도인프라 구성요소에 대한 파라메트릭 모델링 지원 요소의 도출	○ 파라메트릭 모델링 지원 가능성	○ 성능 시험	1.8	-			
			B-6	철도인프라 정보표현을 위한 개방형 데이터 스키마 (철도교량, 철도터널, 전기, 신호)	○ 시설물의 누락 유무	○ 철도 교량, 철도 터널, 전기, 신호 정보의 수용	8.5	KCI 논문 2건			7
			B-7	철도인프라 정보표현을 위한 개방형 데이터 스키마	○ 정보표현 가능성 및 개방성 ○ 디지털도면 대응성 ○ 최종 데이터 스키마의 완성도	○ 데이터 스키마 기반의 정보모델 확인	13	KCI 논문 2건 SCI 논문 1건			17.2
	C	철도인프라 정보모델 서버 프레임워크	C-1	개방형 표준을 활용한 객체기반 정보모델 서버 동향 조사 분석	○ 국제표준 / 선진 기관의 정보모델 서버 검토	○ 정보모델 서버 현황 분석서	1.0	-	<ul style="list-style-type: none"> 데이터 스키마 기반 정보모델링 관련 프로그래밍 기술을 통해 관련된 3rd Party 모듈 개발이나 기존 시스템의 추가 모듈과 정보기술 간에 연계를 가능하게 하는 요구 기술을 담당 스키마 기반 정보모델을 형상과 속성으로 분리하여 조회 및 관리할 수 있는 기술은 뷰어 및 체커 등 BIM의 공유 및 협업에 직접적인 발전에 기여 	두컴스 엔지니어링코리아	
			C-2	데이터 스키마 기반 정보모델 생성/관리 프로그래밍 라이브러리 모듈 구현	○ 모듈의 신뢰성	○ 기능 시험	2.8	S/W 1건			7
C-3			철도인프라 스키마 기반 정보모델 서버 프레임워크 구축	○ 통합 모듈의 작동여부	○ 기능 시험	2.8	S/W 1건	3.4			
C-4			철도인프라 라이브러리 적합성 검증을 위한 모듈 설계 및 구현	○ 모듈의 신뢰성	○ 기능 시험	2.8	특허 출원 1건 [초과] 등록 1건	3.4			
C-5			철도인프라 정보모델 서버 프레임워크의 활용을 위한 배포 구성 파일 도출 및 운영 매뉴얼	○ 구성파일의 신뢰성	○ 시연	3.9	-				

D	철도 인프라 정보서프웨어 API 개발 및 용이	D-1	개방형 표준기반 정보 모델 프로그래밍 라이브러리 현황 조사 분석	○ 국제표준 / 선진 기관의 프로그래밍 라이브러리 검토	○ 정보모델 프로그래밍 라이브러리 현황 조사 적서	0.9	-		<ul style="list-style-type: none"> 철도인프라 프레임워크 API를 구축함으로써 BIM 서버 등 기간계 시스템 간의 EAI(Enterprise Application integration)적 측면에서 정보통합의 역할에 기여 	두컴스 엔지니어링코리아
		D-2	데이터 스키마 기반 정보모델 생성/관리 프로그래밍 라이브러리 구현	○ 데이터 스키마 기반 정보모델 변환 가능 여부	○ 기능 시험	2.7	S/W 1건	3.4		
E	철도 인프라 3차원체라이브리팅 및 명세서	E-1	철도인프라 시설물 관련 도면 리스트 및 분석 도출	○ 시설물의 누락 유무	○ 보고서	0.6	-		<ul style="list-style-type: none"> 노반, 궤도, 교량, 터널, 전기, 신호 분야에 대한 원형라이브리팅 구축 원활한 활용을 위해 분류체계 및 시장단계 연계, 명세서 등을 구축 라이브리팅을 활용 시 약 35~50%의 설계 생산성 향상 라이브리팅기반 설계를 통해 균일한 설계품질 확보 가능 	한국건설기술연구원
		E-2	라이브리팅 대상 시설물 리스트 도출	○ 시설물의 누락 유무	○ 시설물 리스트	0.6	-			
		E-3	라이브리팅 종류별 명세서 작성	○ 시설물의 누락 유무	○ 라이브러리 명세서	1.1	-			
		E-4	교량, 터널 원형 라이브러리 개발	○ 시설물의 누락 유무	○ 원형 라이브러리의 형상, 속성 확인	3.4	특허 출원 1건 KCI 논문 1건	7		
		E-5	선형, 노반, 궤도, 전기, 신호 등 원형 라이브러리 개발	○ 시설물의 누락 유무	○ 원형 라이브러리의 형상, 속성 확인	2.1	KCI 논문 1건	3.4		
		E-6	라이브리팅 품질 검토	○ 검토 기준 마련, 명세서에 따른 형상, 속성 표현의 정확성	○ 기준마련 여부, 명세서-라이브리팅 비교	0.8	-			
		E-7	라이브리팅 활용 결과 보고서 작성	○ 재현성	○ 보고서 내용의 적절성 확인	3	SCI 논문 1건	10.4		
G	철도 인프라 설계 지원 정보모델링 표준화 및 디지털 가이드	G-1	정보모델링 목적 기반 철도인프라 유형 분석	○ 시설물의 누락 유무	○ 구조물 리스트	1.0	-		<ul style="list-style-type: none"> 공법 및 형식 선정을 위한 3차원 디지털 근거자료 제공으로 도출된 최적안의 신뢰성 제고 철도인프라 정보모델의 생성절차의 표준화 수립으로 설계변경시 모델의 수정/보완 업무의 효율성 제고 정보모델에서 도출되는 디지털도면 양식제시로 3차원 정보모델 중심의 철도인프라 BIM 설계 프로세스 구축의 기초자료 제시 철도인프라 구축의 정보화를 통하여 건설관련 차세대 혁신 기술(VR, IoT, AI 등) 적용을 위한 제반환경 마련 	서영엔지니어링
		G-2	유형별 표준구조물의 설계지원 소모임정보(설계도서작성용) 분석	○ 설계지원 가능성	○ 소모임정보 리스트	1.0	-			
		G-3	철도인프라 유형별 모델의 PBS(Product Breakdown Structure) 정의	○ 시설물의 누락 유무	○ 유형별 구조물의 구성 표준체계의 적절성 평가	1.8	-			
		G-4	3차원 모델링 소프트웨어의 기능 분석	○ 단계별 S/W 적용계획서	○ 소프트웨어 기능 분석서	1.8	-			
		G-5	철도인프라(교량, 터널, 노반, 궤도, 전기, 신호)의 정보모델링 표준절차의 프로토타입 구축	○ 유형별 정보모델링 표준절차 만족	○ 기능 시험	2.5	-			
		G-6	철도인프라(교량, 터널, 노반, 궤도, 전기, 신호)의 저수준 상세표현 정보를 갖는 시범 정보 모델 생성	○ 시설물의 누락 유무	○ 시범정보모델의 형상, 속성 정보 표현의 적절성	2.5	-			
		G-7	철도인프라 정보모델 생성 및 정보모델 생성 프로세스	○ 대상시설물 별 시나리오 충족	○ 시나리오 충족 여부 판단	4.5	특허 출원 1건 S/W 1건	7		
		G-8	철도인프라 정보모델기반 전자 설계도서 생성 방법 및 시범 전자 설계도서 제시	○ 대상시설물 별 설계 성과품 충족 (6건)	철도 설계기준의 준용여부 판단	2.4	S/W 1건			
		G-9	철도인프라 정보모델기반 전자 설계도서 생성 표준안 및 가이드 제시	○ 재현성	가이드 검토 및 내용의 적절성 확인	2.8	KCI 논문 1건			
		H-1	철도인프라 유형별 설계도서의 유형 및 특징 분석	○ 시설물의 누락 유무	유형별 설계도서 분석보고서	0.6	-			
		H-2	유형별 설계도서의 정보 표현방식의 정의	○ 정보표현의 적합성	분석 결과의 적절성 평가	1.4	3.4			
		H-3	정보모델기반 설계도서의 설계품질 검토 기준 항목 및 검토 포인트 도출	○ 설계지원 실효성	철도 설계기준의 수용률	1.0	-			
		2세부 합계						100		

다. 연차별 연구성과

□ 1차연도

구분	상세성과항목	질적 목표치	평가기준	가 중 치 (%)	달 성 도 (%)	양적 목표치	가 중 치 (%)	달성 내용	비고	해당 기관
2 세 부	A-1	철도인프라 관련 분류체계 현황 조사 분석	○ 국제표준 / 선진기관의 분류체계 검토	24.5	24.5	-	-	-	-	지쓰리연세대학교
	A-2	철도인프라 정보표현 상세 기준	○ 시설물 정보표현 상세수준의 적절성	7.5	7.5	-	-	-	-	연세대학교
	B-1	사회기반시설 지원 데이터 스키마 현황 및 분석	○ 국제표준 / 선진기관의 데이터 스키마 검토	8.5	8.5	-	-	-	-	
	B-2	철도인프라 설계업무에 대한 프로세스 맵 도출	○ 철도 설계 업무의 반영	10.5	10.5	-	-	-	-	두컴스앤지언리코아
	C-1	개방형 표준을 활용한 객체기반 정보모델 서버 동향 조사 분석	○ 국제표준 / 선진기관의 정보모델 서버 검토	8.5	8.5	-	-	-	-	
	D-1	개방형 표준기반 정보모델 프로그래밍 라이브러리 현황 조사 분석	○ 국제표준 / 선진기관의 프로그래밍 라이브러리 검토	8.5	8.5	-	-	-	-	
	E-1	철도인프라 시설물 관련 도면 리스트 및 분석 도출	○ 시설물의 누락 유무	5.5	5.5	-	-	-	-	한국건설기술연구원
	E-2	라이브러리 대상 시설물 리스트 도출	○ 시설물의 누락 유무	5.5	5.5	-	-	-	-	
	G-1	정보모델링 목적 기반 철도인프라 유형 분석	○ 시설물의 누락 유무	8.5	8.5	-	-	-	-	영지언리코아
	G-2	유형별 표준구조물의 설계지원 소요 보유정보(설계도서작성용) 분석	○ 설계지원 가능성	8.5	8.5	-	-	-	-	
H-1	철도인프라 유형별 설계도서의 유형 및 특징 분석	○ 시설물의 누락 유무	4	4	-	-	-	-		
2세부 합계				100	100	-	-	-	-	

□ 2차연도

구분	상세성과항목	질적 목표치	평가기준	가 중 치 (%)	달 성 도 (%)	양적 목표치	가 중 치 (%)	달성 내용	비고	해당 기관
2 세 부	A-2	특허출원		-	-	특허 출원 1건	10	특허출원 1건		연세대학교
	A-3	철도인프라 대응 객체지향형 분류체계	○ 시설물의 누락 유무 및 적용 가능성 ○ 객체 수용 및 데이터 스키마 적용 가능성	24.7	24.7	KCI 논문 1건	12	KCI 논문 1건		지쓰리연세대학교
	B-3	철도인프라 시설물 간 정보연계 상위단계 관계정의 프레임워크	○ 정보연계 가능성	8.0	8.0	KCI 논문 1건	12	KCI 논문 1건		연세대학교
	B-4	철도인프라 정보표현을 위한 개방형 데이터 스키마 (선형, 궤도, 노반, 토공)	○ 선형, 궤도, 노반, 토공 정보의 수용률	9.6	9.6	KCI 논문 1건	12	KCI 논문 1건		
	B-5	철도인프라 구성요소에 대한 파라메트릭 모델링 지원 요소의 도출	○ 파라메트릭 모델링 지원 가능성	5.1	5.1	-	-	-		
	G-2	데이터 스키마 기반 정보모델 생성/관리 프로그래밍 라이브러리 모듈 구현	○ 모듈의 신뢰성	7.8	7.8	KCI 논문 1건 S/W 1건	22	S/W 1건		두컴스앤지언리코아

D-2	데이터 스키마 기반 정보 모델 생성/관리 프로그래밍 라이브러리 구현	○ 데이터 스키마 기반 정보모델 변환 가능 여부	○ 기능 시험	7.9	7.9	S/W 1건	10	S/W 1건		아
E-3	라이브러리 종류별 명세서 작성	○ 시설물의 누락 유무	○ 라이브러리 명세서	3.1	3.1	-	-	-		한국건설기술연구원
E-4	선형, 노반, 궤도 등 원형 라이브러리 개발	○ 시설물의 누락 유무	○ 원형 라이브러리의 형상, 속성 확인	8.4	8.4	KCI 논문 1건 특허 출원 1건	22	KCI 논문 1건		
G-3	철도인프라 유형별 모델의 PBS(Product Breakdown Structure) 정의	○ 시설물의 누락 유무	○ 유형별 구조물의 구성요소 체계의 적절성 평가	5.0	5.0	-	-	-		서영엔지니어링
G-4	3차원 모델링 소프트웨어의 기능 분석	○ 단계별 S/W 적용계획서	○ 소프트웨어 기능 분석서	5.0	5.0	-	-	-		
G-5	철도인프라(교량, 터널, 노반, 궤도, 신호, 전기)의 정보모델링 표준절차의 프로토타입 구축	○ 유형별 정보모델링 표준절차 만족	○ 기능 시험	7.3	7.3	-	-	-		
G-6	철도인프라(교량, 터널, 노반, 궤도, 신호, 전기)의 저수준 상세표현 정보를 갖는 시범 정보모델 생성	○ 시설물의 누락 유무	○ 시범 정보모델의 형상, 속성 정보 표현의 적절성	1.4	1.4	-	-	-		
H-2	유형별 설계도서의 정보 표현방식의 정의	○ 정보표현의 적합성	○ 분석 결과의 적절성 평가	4.0	4.0	-	-	-		
H-3	정보모델기반 설계도서의 설계품질 검토 기준항목 및 검토 포인트 도출	○ 설계지원 실효성	○ 철도 설계기준의 수용률	2.7	2.7	-	-	-		
2세부 합계				100	100	특허 출원 2건 KCI 논문 5건 S/W 2건	78	특허 출원 1건 KCI 논문 4건 S/W 2건		

□ 3차연도

구분	상세성과항목	질적 목표치	평가기준	가중치 (%)	달성도 (%)	양적 목표치	가중치 (%)	달성내용	비고	해당기관
2세부	A-4	철도인프라 구성요소 정보 구성요소 정의	○ 시설물의 누락 유무	○ 철도인프라 시설물 객체에 대한 기능 및 활용	7.2	7.2	KCI 논문 1건	10	KCI 논문 1건	지쓰리씨연세대학교
	B-4	철도인프라 정보표현을 위한 개방형 데이터 스키마(선형, 궤도, 노반, 토공)	○ 정보연계 가능성	○ 상위 단계 정보의 관계 매핑	5.7	5.7	특허 출원 1건	10	특허 출원 1건	
	B-6	철도인프라 정보표현을 위한 개방형 데이터 스키마(철도교량, 철도터널, 전기, 신호)	○ 시설물의 누락 유무	○ 철도 교량, 철도 터널, 전기, 신호 정보의 수용	25.1	25.1	KCI 논문 2건	20	KCI 논문 2건	연세대학교
	B-7	철도인프라 정보표현을 위한 개방형 데이터 스키마	○ 최종 데이터 스키마의 완성도	○ 데이터 스키마 기반의 정보모델 확인	10.2	10.2	-	-	-	
	C-3	철도인프라 스키마 기반 정보모델 서버 프레임워크 구축	○ 통합 모듈의 작동여부	○ 기능 시험	8	8	S/W 1건	10	S/W 1건	두컴스엔지니어링코리아
	C-4	철도인프라 라이브러리 정합성 검증을 위한 모듈 설계 및 구현	○ 모듈의 신뢰성	○ 기능 시험	7.9	7.9	특허 출원 1건	10	특허 출원 1건	
	E-4	선형, 노반, 궤도 등 원형	○ 시설물의 누락	○ 원형 라이브러	1.7	1.7	-	-	-	한국

제5장. 연구개발성과의 활용계획

1. 연구개발성과의 활용방안

- 철도인프라에 대한 분류체계 정립
 - 데이터 스키마 확장 개발을 위한 기초자료로 활용됨.
 - 라이브러리가 적용된 모델링 성과를 통해 IFCRailway 기반 정보모델 생성시 분류코드 매핑 정보를 활용될 수 있음.
 - 한국철도시설공단의 시설물 업무를 확장 분류체계 기반으로 진행함으로써 개발 표준 활용이 용이함.

- 철도인프라 시설물의 정보모델링을 위한 개방형 데이터 스키마 개발
 - 토목 분야 시설물의 표현을 위한 IFCRailway를 통해 건축 구조물과 구분되는 토목구조물 특성을 고려한 BIM 표준 활용 및 응용 기술의 기초로 활용될 수 있음.
 - 철도인프라 시설물의 구성요소를 설계편람 및 설계기준에 준해 명확히 표현할 수 있는 기반이 구축됨으로 인해 향후 만들어지는 BIM 모델은 시설물의 생애주기 정보관리에 유용하게 활용될 수 있음.
 - IFCRailway를 통해 생성된 표준화된 모델 기반에서 수행된 수량산출, 물량산출, 공사비산출 자료는 구조물 생애주기 초반부터 공용기간동안 시설물 관리를 위한 기초자료로 활용될 수 있음.
 - 철도인프라 분야에 있어서 정보 상호운용성 확보의 중추적인 틀 제공
 - IFCRailway를 타 사회기반시설물에 대해 확장 적용하는데 기초자료로 유용하게 활용이 가능함.
 - ※ 대한토목학회, 철도학회, BIM 학회 학술행사 및 대한토목학회 BIM 위원회 활동을 통해 학술 성과를 보급 및 확산하고자 함.
 - ※ 개발된 철도인프라 데이터 스키마는 국제학술대회를 통한 연구성과 발표, buildingSMART International 국제 회의 참석, 철도 BIM 표준 개발 그룹(KICT, CRBIM Alliance)과의 교류와 같은 국제적 협력관계를 통해 국제 표준 제정 과정에 참여하고 있음.

- 철도인프라 정보모델링 지원을 위한 표준 프레임워크 구축
 - 개발된 표준프레임워크를 바탕으로 설계사에서 설계업무에 BIM 설계를 도입 추진하거나 도입 후 고도화 및 전사 확대 적용을 위해 BIM 서버 구축이나 BIM 활용 시스템에 활용이 가능
 - 표준 프레임워크를 통해 철도 원형라이브러리를 이용한 파라메트릭 모델링과 사내 표준라이브러리의 축척을 가능하게 하며 설계 업무효율 증가
 - 건설단계 및 공종별 요구되는 3차원 모델과 관련업무의 표준화를 통해 효율성 향상에 기여
 - 표준화된 분류체계를 설계 업무에 적용함으로써 건설정보의 통합 및 융합기술개발 촉진
 - 정보모델의 스키마 유효성 검증: 이 기종 BIM 도구들로 제작된 정보모델을 협업에 활용
 - 정보모델 라이브러리의 정합성 검증: 라이브러리 내에 등록된 정보모델의 변경·수정시 효율적인 업무수행에 활용
 - BIM Server의 확장을 통해 철도인프라 정보모델과 타 BIM 정보모델과의 호환성 확보에 기여

- 철도인프라 3차원 객체 라이브러리 및 명세서

- BIM기반 물량 및 원가 산정에 활용
 - 공정/공사비 관리의 기초자료로 활용
 - 원형 라이브러리의 공공적 활용을 통한 국내 철도 엔지니어링 BIM 설계 경쟁력 강화
 - 3차원 BIM 모델을 근간으로 필요한 2D 도면의 추출에 활용
 - 설계 생산성 향상 및 적정 품질 확보를 위한 라이브러리 활용
 - 타 사회기반시설을 대상으로 한 라이브러리 개발에 참고자료로 활용
- 철도인프라 3차원 라이브러리 활용 및 개발 가이드
- 자재/엔지니어링/시공업체/발주처 등에서 BIM 라이브러리 활용 시 가이드로 활용
 - BIM 라이브러리 신규 추가 시 매뉴얼로 활용
 - 기존에 개발된 BIM 라이브러리 수정을 위한 가이드로 활용
 - 철도 외 타 분야 라이브러리 확장 시 참고자료로 활용
- 철도인프라 설계를 지원하는 정보모델링 표준 절차 및 가이드
- 표준화된 철도인프라 정보모델의 생성에 활용
 - 철도인프라 BIM 수행계획서 작성을 위한 참고자료로 활용
 - 설계 변경 시 보완사항의 신속한 분석 및 대처 방안 제시에 활용
 - 철도인프라 모델생성 및 배열 워크플로우를 2018 차세대 혁신기술로 지정된 인공지능 설계의 핵심기술인 「3차원 설계자동화」를 위한 알고리즘으로 활용.
 - ※ 「3차원 설계자동화」에는 유한요소모델(필요시 구조적으로 이상화시킨)의 도출 및 해석결과반영에 대한 방법을 마련하는 내용이 포함되어야 함.
 - 철도인프라 모델생성 및 배열 워크플로우를 지반설계에 적용하여, 소요 설계 성과품 확보에 활용.
 - ※ 전제조건 : 흙구조물(토공), 연약지반처리 및 흙막이 시설 등 지반설계에 필요한 라이브러리의 개발과 함께 지반조사 데이터를 바탕으로 원지반을 솔리드로 구현하는 방법에 대한 정립이 병행되어야 함.
 - 설계사관련 협회지 및 BIM관련 기술대전 참가 등으로 관련기술을 홍보
- 철도인프라의 정보모델기반 설계도서 및 가이드
- 모델 보유정보를 활용한 디지털 도면 생성 및 공급에 활용
 - BIM 정보모델의 무결성 및 적합성 확보에 활용
 - 정보모델 기반의 수량산출, 물량산출, 간섭체크, 공사비산출 등에 활용
 - 타 분야 공공인프라 유형별 전자설계도서 구축의 참고자료로 활용
 - 3차원 전자도면생성 자동화 시스템 후속연구에 활용

2. 기대효과

- 철도인프라 데이터 스키마 개발
- 철도인프라 설계 업무를 위한 필요 정보의 명확화로 불필요한 데이터의 생성 억제하고, 필요정보의 누락 제어 및 목적에 따른 필요정보의 확장이 가능
 - 특정 소프트웨어 및 회사 자체 기준에 종속되지 않는 표준 기반의 정보모델을 통해 생애주기 단계별 생성 정보의 재사용성 증가
 - 철도인프라 설계 단계에서 사용되는 다양한 설계 소프트웨어간 정보 교환에 개방형

-
- 표준을 활용함으로써 workflow를 기반으로 협업 수행가능
 - 표준화된 정보모델의 사용은 정보의 교환과 공유과정에 있어서 각종 엔지니어링 정보의 검토를 원활히 할 수 있도록 지원하여 신뢰성이 높은 정보 운영 유도
 - 철도인프라의 전 생애주기 프로세스상의 데이터 및 정보의 상호운용성 확보 및 재활용성 증대로 인한 비용 및 시간 절감효과
 - 철도인프라 정보모델링 표준 분야에 대한 국제적 경쟁력 확보
 - 국내 철도인프라에 대한 개방형 국제표준기반 BIM 환경의 활성화
- 철도인프라 정보모델링 지원을 위한 표준 프레임워크 구축
- 표준 프레임워크를 통해 구축된 BIM 정보모델은 신성장 페러다임인 가상현실, 증강현실과 같은 ICT(Information & Communication Technology), IOT(Internet of Things)로 확장 가능
 - 정보모델을 사용하는 SOC 사업에 정보모델링 프레임워크나 BIM Server를 확대 적용 가능
 - 대표적인 노동집약적 산업인 건설산업에 IT기술 기반의 BIM 도입하여 지식기반 산업으로 반전 가능성 확보
 - 협업수행 시 각각의 업무주체들이 자신을 업무를 수행하는데 가장 효율적인 BIM 솔루션으로 업무를 수행하더라도 표준 프레임워크를 통해 정보모델이 제작되므로 업무효율 향상
 - 표준 프레임워크에서 정보모델 스키마의 유효성과 라이브러리 정합성을 검증하므로 정보모델의 안정성 증가되므로 업무생산성 향상
- 철도인프라 3차원 라이브러리 개발
- 철도인프라 정보모델 생성 및 생성 데이터에 대한 일관성 보장
 - 데이터 과잉생성 억제로 인한 시간적, 비용적 측면의 업무 효율성 향상
 - 손쉬운 모델 생성에 따른 철도인프라에 대한 BIM 활용 활성화
 - 정부·공공 차원의 BIM라이브러리 구축 및 보급이 가능하여 라이브러리 중복개발 방지를 통한 예산절감 가능
 - 유사 공사 프로젝트 진행시 기존의 BIM 데이터를 활용하여 신속하고 용이한 설계 프로세스 구축이 용이하여 비용, 시간, 오류 저감 기대
 - 다양한 철도인프라 시설물의 BIM 기반 관리를 통해 철도의 체계적이고 경제적인 유지관리 프로세스 구축 용이
- 철도인프라 정보모델 생성기술 개발
- 철도인프라의 통합설계성과 역할을 수행하게 될 최초의 표준화된 정보모델 확보
 - 정보모델로부터 도출된 제도용 객체 및 속성정보를, 연구를 통하여 제시된 양식에 배치하여 생성된 디지털도면으로 설계 성과 작성에 대한 업무효율성 극대화 및 자동화, 차세대 철도인프라 건설 현장의 업무 환경 개선
 - 철도인프라 설계업무 전 분야(노선 비교 및 선정, VE, 설계법적용, 해석, 구조계산, 각종 시뮬레이션 등)에서 활용될 수 있는 단일화된 통합정보모델 구축 및 활용 시스템 개발을 위한 기반 기술 제시
 - 정보모델의 활용을 통한 설계 성과 작성에 소요되는 인적자원 감소로 경제성 향상
 - 물량 산출 정확성의 비약적 제고를 통한 공사비 산출의 안전을 감소 기대
 - 양질의 철도인프라 정보모델 생성·활용을 통한 건설 인프라의 BIM 도입 제반환경 마련 및 BIM 활성화 분위기 조성으로 국내 건설 인프라 전 분야의 지식정보화 실현
-

제6장. 연구 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보

가. 철도인프라 분류체계

(가) Uniclass

- Uniclass는 1997년 9월 영국에서 기존 분류체계의 한계로 인해 ISO TR 14177 내 정보 분류 방식에 부응하면서 CI/SfB 분류체계를 대신하기 위한 목적으로 개발되었음. 15개의 파셋을 이용하여 건설정보를 표현함.
- CI/SfB 분류 외에도 건축공사의 공종분류로 사용되던 CAWS(Common Arrangement of Work Sections for Building Works)와 토목공사의 세부공종별 물량산출을 위한 공종분류인 CESMM3(Civil Engineering Standard Method of Measurement, third edition) 및 전자상거래용 생산품 정보 분류인 EPIC(Electronic Product Information Co-operation)을 포함하여 구성되어 있음.

(나) Omiclass

- OmniClass는 기존에 북미지역에서는 활용하지 않고 있던 분류면을 도입한 분류체계로, Uniclass의 직접적인 영향을 받음. ISO 12006-2에서 제시하는 방법론에 따라 체계가 구성되어 있으나, 구체적인 항목들은 기존에 북미에서 사용하고 있던 분류체계를 참조하여 구성함.
- OmniClass 건설 분류 시스템은 특히 건설 산업에 대한 정보를 조직하고 검색하는 방법에 초점이 맞추어져, 많은 BIM의 응용분야(조직 보고서와 요구에 상응하는 정보를 얻기 위해 데이터를 roll up or drill out하는 방식을 제공하는 객체 라이브러리)에 유용함.

(다) CRBIM

- 표준은 중국 철도 BIM 연맹협회에서 제정한 표준으로 철도공사 정보모델의 분류, 코드화, 철도공사 전 생애주기정보의 교환, 공유 및 응용발전을 위하여 제정함.
- International Framework for Dictionaries(IFD)는 전생애주기 내 각 단계에서의 정보 모델분류 및 코드로 적용가능하다. 철도공사 정보모델분류체계의 기본개념분류를 22가지로 분류하였고, 정보모델을 건설자원, 건설과정, 건설성과 그리고 기타 4가지 종류로 분류하였음.

(라) 일본 JCCS

- 일본건설정보센터(JACIC: JAPAN construction Information center)는 다양한 분류체계의 혼재 및 적용에 대한 문제 해결의 대안으로 건설분야의 표준 용어 분류체계인 JCCS(Construction Information Classification System in Japan)을 제정함.
- JCCS V1.0은 ISO 12006-2 기반의 Uniclass와 미국 OCCS 참조하여 개발되어 2004년 제정되었음.
- JCCS V2.0은 ISO 12006-3을 기반으로 Relationship, Object, Collection, Actor, Value, Unit, Measure with unit 클래스를 추가하여 개발됨. 클래스 스키마들과 클래스별 용어목록 분류로 구성되어 있음. 체계의 구성 및 개발에 직접적인 영향을 미침.

나. 철도인프라 정보모델링을 위한 데이터 스키마

(가) IFC4

- Industry Foundation Classes(IFC)는 현재 BIM에서 활용하고 있는 표준 데이터 모델로 (ISO TC184 SC4, 2005), International Alliance for Interoperability (IAI, 현 buildingSMART International)에서 Architecture, Engineering, and Construction / Facility Management (AEC/FM) 산업에서 발생하는 정보의 호환을 위해 국제적으로 공동 개발됨.
- IFC4 버전까지 개발된 IFC는 ISO/STEP 표준과도 합치되며, 현재 전 세계의 많은 AEC 관련 소프트웨어가 IFC를 채택하고 있기 때문에 AEC/FM분야의 응용 프로그램을 통한 정보 교환의 상호운용성 확보가 가능함.

(나) CRBIM Data Standard

- 2013년 베이징에서 China Railway BIM alliance를 설립하여 연구함.
- 8개의 주요조직과 35개의 조직으로 BIM standards, Professional applications, Data interface, Platform technology를 주제로 확장하였음.
- 교량, 터널, 토공, 역사등 철도 인프라 주요 구조물의 IFC를 확장하였음.

(다) LandXML

- LandXML은 토목 설계 및 측량 데이터를 위한 XML로써, US DOT EAS-E와 Autodesk에 의해 개발되었음.
- Autodesk의 Civil3D에서 출력되는 포맷소프트웨어사이의 데이터 교환과 장기적인 데이터 보관을 중심으로 개발됨.

(라) CityGML

- CityGML은 Open Geospatial Consortium(OGC)에서 표준으로 제시하는 도시정보의 표현, 저장 및 교환을 위한 개방형 데이터 스키마 및 데이터 포맷으로, 도시 및 지역에 관한 모델에서 주제가 되는 지리정보요소에 대한 객체와 객체들의 관계를 3차원 기하, 3차원 위상, 의미(Semantics) 및 표현(Appearance) 등의 속성들로 정의함.
- 지형 및 시설물을 동시에 관리할 수 있는 데이터 항목을 포함하고 있어 여러 응용분야에서 복잡한 분석업무를 수행할 수 있는 환경을 제공할 수 있음.

다. 객체기반 정보모델 서버

(가) BIM Server

- bimServer는 IFC파일을 데이터베이스로 관리할 수 있도록 지원하는 오픈소스기반 BIM서버(<http://bimserver.org/>)임.
- COBie, CityGML, Collada 등 다양한 파일 포맷을 지원하고 확장할 수 있다. bimServer는 프로젝트 계층 트리와 다중 사용자간 형상관리를 지원하는 BIM 모델 협업 서버임.

(나) ASITE

- 프로젝트 기반 협업을 지원하는 시스템으로 BIM에 특화되어 있는 시스템은 아니지만 Cloud 기반 BIMServer 기능을 제공하는 오픈소스 기반 시스템
- ASITE는 BIM을 이용한 협업을 지원하기 위해 프로젝트를 계층구조로 관리할 수 있으며 다중 사용자간 형상관리를 지원한다. 자체적으로 제공하고 있는 AppBuilder를 통해 업무에 적합하도록 기능을 보완 가능함.

(다) IFC Web Server

- IFC기반 BIM 데이터 모델 기반 서버이자 온라인 뷰어
- 개방형 표준인 IFC의 다양한 버전들[IFC2X(2001, 최종버전)과 IFC4(2013)]을 지원하며 IFC 표준이 아닌 IFC 확장 스키마(Schema)에 대한 비교분석을 통해 이를 지원 가능.
- Online 상태로 BIM 모델의 3차원형상을 확인할 수 있으며 관련된 문건이나 보고서를 검토할 수 있다. IFC 표준 기반의 문서를 지원하지만 Plug-in의 개발을 통해 다양한 2D 또는 3D CAD 모델을 확인가능함.

라. 철도인프라 라이브러리

(가) RevitCity(미국)

- RevitCity(www.revitcity.com)는 2003년에 생성된 미국 Revit 사용자들을 위한 커뮤니티 사이트로써, 사용자 간 Revit에 관한 정보를 공유하고 Revit 패밀리 라이브러리를 제공하는 등 사용자들의 효율을 증진시키는데 기여함.
- Seek(Seek.autodesk.com)는 Autodesk사에서 직접 운영하는 웹기반 라이브러리 제공 사이트로써, Revit 뿐 아니라 AutoCAD, Design Review 등 다른 제품에서 사용되는 포맷 별로 콘텐츠를 제공함.
- Seek에서 제공하는 Revit 패밀리 관련 가이드는 Autodesk Seek Metadata Style Guide 로써 가이드를 제공할 뿐 아니라, 여러 회사에서 생성한 패밀리를 사이트에 업로드 하여 이를 공유할 수 있는 환경을 제공함.

(나) National BIM Library(영국)

- National BIM Library(www.nationalbimlibrary.com)는 실무에서 라이브러리 활용률 증가를 위해 NBS(National Building Specification)에서 다양한 라이브러리를 생성해 무료로 제공하고 있는 시스템.
- Revit, ArchiCAD, Tekla, Bentley 등의 제품군 및 IFC의 포맷으로 업로드 됨.
- 2013년 3월 국가적인 차원에서 BIM 라이브러리를 생성 및 구축하여 실무자에게 무료로 배포함으로써, 국제적으로 표준에 대한 인식을 높이고 있음.
- 영국을 포함하여 여러 해외의 라이브러리 콘텐츠는 나라별 요구 종류, 디테일 수준, 표현방법, 사용단위 등이 국내 실무환경과는 맞지 않아 직접 사용하기는 어려움.

(다) AEC BIM Standard (영국)

- 2009년 11월에 BIM 기술을 사용하여 활용 기술과 개념을 나타내는 일반 문서로 “AEC BIM Standard” 가 발표되었음.
- AEC BIM Standard는 Revit에 대한 설계 작업에서 프로토콜 및 모범 사례 구축을 위한 프레임워크를 제공함.
- BIM 라이브러리를 웹기반으로 제공하는 RevitCity 사례를 보면 MasterFormat에 의한 분류체계와 RevitCity 자체 분류체계를 동시에 제공하여 원하는 라이브러리를 쉽게 찾을 수 있도록 하고 있으며, Revit 개발사인 Autodesk사에서는 Revit의 카테고리 체계의 검색과 함께 “재료, 크기, 사용방식 “ 등의 구분으로 패밀리를 찾을 수 있도록 하고 있음.

(라) ANZRS(호주/뉴질랜드)

- ANZRS(The Australian and New Zealand Revit Standards)는 Revit 사용자들에게 Revit 내 Family의 문제점을 해결할 수 있도록 돕기 위해 2009년 멜버른에서 개최된 RTC (Revit Technology Conference) 에서 발의되었음.
- ANZRS (www.anzrs.org) 에서는 다양한 보충 자료를 제공하고 있음.
- ANZRS를 사용하는 방법에 대한 설명 등 개요에 해당하는 “L” Part와 최소한의 구현을 위한 체크리스트(C1~C1s), 건축, 구조, 설비, 전기 각 분야별 실무 요구사항(C2~C4), 분야별 패밀리에 사용되는 Parameter의 종류와 그 이름을 정의 하였으며(C5~C7), 건축 재료표기 기준을 제공 중임.

마. BIM 가이드라인

(가) GSA(General Service Administration)

- Design Excellence Program에 따라서 GSA와 PBS의 건축부(OCA: Office of the Chief Architect)에서 미국의 주요 설계자들과 함께 건축설계 품질 향상을 위하여 개발되었음.
- 4D 및 BIM 소프트웨어를 통해 설계 품질 및 시공 요구조건을 보다 효과적으로 관리하고, 3D/4D BIM 개요 및 공간 프로그램 인증을 다루고 있음.
- 2006년 10월부터 GSA(연방조달청) 설계계약 시 모든 설계사들이 설계도면의 제출을 IFC 기반의 BIM 데이터로 납품하도록 의무화.

(나) COBIE(Construction to Operation Building Information Exchange)

- 건설 전체 과정에서 발생하는 요구되는 프로젝트 데이터들을 확보하고 전달하기 위하여 필요한 업무를 표준화하고 단순화함.
- COBIE 방식의 주요한 혁신은 프로젝트가 끝날 때까지 기다리는 것이 아니라, 프로젝트 데이터가 발생하는 해당 시점들, 설계, 시공, 시운전 등의 시점에 해당 데이터를 확보하는 것임.

(다) AEC(UK) BIM Standard

- BIM 기술을 사용하여 활용 기술과 개념을 나타내는 일반 문서로 “AEC BIM Standard” 가 발표되었음.
- AEC BIM Standard는 Revit에 대한 설계 작업에서 프로토콜 및 모범 사례 구축을 위한 프레임워크를 제공함..

(라) NBIMS(National BIM Standard)

- 시설물들의 친환경성을 높이고 호환성 부재로 인한 낭비를 줄이기 위하여 2007년 12월에 국가 표준으로서 NBIMS를 제정함.
- 국가 BIM 표준지침을 개발 및 보급하고, 시설물의 생애주기 동안 정보를 생성하고 관리하기 위한 가이드를 제공함.

(마) BIM Requirements 2007 Senate Properties(Public Company)

- 2007년 10월 정부 산하 공공 회사인 Senate Properties에 의해 개발됨. 건설 프로세스에서 업무 분야별 BIM 모델링과 요구조건(요구 및 유통정보)들을 수록하고 있으며, 9권의 지침으로 발간됨.
- 설계 및 시공 프로세스에서 업무의 의사결정을 향상시키기 위해 BIM을 이용한 요구 및 유통정보에 대한 모델링 지침 제공을 주요 목적으로 함.

제7장. 연구개발성과의 보안등급

보안등급 분류	보안	일반
		○
결정 사유	<ul style="list-style-type: none"> ○ 본 과제는 철도인프라 시공단계에 활용 가능한 BIM 기반의 사업관리 운영체계를 구축하는 연구로써 철도 및 BIM분야 산업계, 학계, 연구계 전반에 관한 이론 및 기술들의 습득 및 접목이 필요하고 향후 민간업체들의 BIM 활용성을 높이기 위해서는 공감대 형성이 필요하므로 많은 분야의 전문가들에게 전파할 필요가 있음 ○ 지식 재산권 확보와 관련하여 기술 유출 가능성이 적음 ○ 국방 또는 안보관련 기술로 전용 가능한 연구가 아님 ○ 연구결과물의 누설 시 소속 기관에 유무형의 손해를 끼칠 것으로 판단되지 않음 ○ 관계중앙행정기관의 장이 소관 분야의 산업경쟁력 제고 등을 위하여 국가 핵심 기술로 지정하거나 법령이 규정한 바에 따라 지정 또는 고시, 공고하는 기술 연구에 해당되지 않음 	

제8장. 국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

구입 기관	연구시설/연구장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입 가격 (천원)	구입처 (전화번호)	비고 (설치 장소)	NTIS장비 등록 번호

※ 해당 없음

제9장. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전 조치 이행 실적

※ 해당 없음

제10장. 연구개발과제의 대표적 연구 실적

번호	구분	논문명	소속 기관명	논문 게재지	논문 게재일	특기 사항
1	논문	Improving Applicability for Information Model of an IFC-Based Steel Bridge in the Design Phase Using Functional Meanings of Bridge Components	연세대학교	Applied Sciences	2018.12	
2		선형중심 객체 관리를 위한 확장된 IFC 기반 철도 궤도부 정보모델링 방안		한국전산구조공학회 논문집	2018.12	
3		노반, 궤도분야 철도인프라 BIM 원형 라이브러리 구축			2017.10	
4		철도 선형중심의 객체 정보연계를 통한 철도 궤도부 정보모델 생성 방안			2017.12	
5		곡선 선형을 반영한 터널 정보모델링 및 IFC 데이터 스키마를 활용한 모델기반의 정보관리 방안		한국전산구조공학회 논문집	2017.12	
6		BIM 소프트웨어를 활용한 토목 시설물 IFC 확장요소기반의 정보모델링 방안			2017.02	
7		IFC 속성 데이터기반의 질의어 개발을 통한 모델 정보 검색 및 재생성 방안			한국산학기술학회논문집	2017.02
8		철도인프라 3차원 객체라이브러리 구축을 위한 표준도/분류체계 분석	한국건설기술연구원	한국전산구조공학회 논문집	2017.02	-
9		노반, 궤도 분야 철도인프라 BIM 원형 라이브러리 구축	2017.10			
10		철도 교량의 BIM 구축을 위한 3차원 모델 생성 자동화 시스템 개발	서영엔지니어링		2018.10	

번호	구분	특허명	소속 기관명	특허 출원 국가	특허 출원일	특기 사항
1	특허	철도 궤도부 모델 생성 장치 및 그 방법, 그리고 이 방법을 처리하기 위한 컴퓨터 프로그램	연세대학교	대한민국	2017.11 (등록 2018.12.24.)	10-2017-0162880
2		BIM기반 철도 시설물 관리 시스템	두컴스엔지니어링		2017.11 (등록 2018.1.3.)	10-2017-0150674
3		매개변수모델 라이브러리를 활용한 3D 선형기반의 철도인프라 정보모델링 프로세스	서영엔지니어링		2017.11	10-2017-0163048
4		토목 시설물 IFC 확장요소 기반의 정보모델링 방법	연세대학교		2017.02	10-2017-0017900
5		국제 표준 IFC기반 라이브러리 작성 및 공유방법	한국건설기술연구원		2017.02	-

번호	구분	기타	소속 기관명	등록 국가	등록일	특기 사항
1	소프트웨어	철도인프라 데이터 스키마 기반 정보모델 서버 프레임워크	두컴스엔지니어링코리아	대한민국	2017.11	C-2017-028224
2		파라메트릭교량상관생성인터페이스프로그램	(주)서영엔지니어링		2017.11	C-2017-026795
3		건설정보모델(BIM)견적관리시스템	두컴스엔지니어링		2017.11	C-2017-026794
4		철도인프라 데이터 스키마 기반 정보모델 생성/관리 프로그램	두컴스엔지니어링코리아		2017.02	C-2017-004194
5		철도인프라 데이터 스키마 기반 정보모델 유효성 검증 프로그램	두컴스엔지니어링코리아		2017.02	C-2017-004273

제11장. 기타 사항

1. 최종 차연도 연구개발비 집행 실적

[2세부 총괄]			(단위: 천원)					
항목	비목		금액	계획 금액	사용액	잔액	비고	
직접비	인건비	내부 인건비	미지급	16,600	16,600	0		
			지급	현금	323,090.4	323,090.4	0	
				현물	114,030	114,030	0	
		외부 인건비	미지급	0	0	0		
			지급	현금	34,065	31,942	2,123	
				현물	63,000	63,000	0	
	학생인건비	현금	102,090	102,090	0			
	소계			636,275.4	634,152.4	2,123		
	연구장비·재료비	연구활동비		현금	83,620	83,598	22	
				현물	33,991	33,991	0	
		연구과제추진비			43,830.6	42,555.5	1,275.1	
		연구수당			36,766	34,588	2,178	
		위탁연구개발비			38,951	0	38,951	
소계			0	0	0			
소계			237,158.6	194,732.5	42,426.1			
간접비	인력지원비			6,342	6,342	0		
	연구지원비			74,167	74,167	0		
	성과활용지원비			724	604	120		
	소계			81,233	81,113	120		
연구개발비 총액			954,667	909,997.9	44,669.1			

[2세부- 협동- 연세대학교]								
항목	비목		금액	계획 금액	사용액	잔액	비고	
직접비	인건비	내부 인건비	미지급	16,600	16,600	0		
			지급	현금				
				현물				
		외부 인건비	미지급					
			지급	현금	34,065	31,942	2,123	
				현물				
	학생인건비	현금	102,090	102,090	0			
	소계			136,155	134,032	2,123	미지급 미포함	
	연구장비·재료비	연구활동비		현금	30,000	30,000	0	
				현물			0	
		연구과제추진비			27,411	25,945	1,466	
		연구수당			17,870	17,870	0	
		위탁연구개발비			30,551	0	30,551	
소계			105,832	73,815	32,017			
소계			105,832	73,815	32,017			
간접비	인력지원비							
	연구지원비			66,013	66,013	0		
	성과활용지원비					0		
	소계			66,013	66,013	0		
연구개발비 총액			308,000	273,860	34,140			

[2세부- 공동- 지쓰리씨]

항목	비목		금액		계획 금액	사용액	잔액	비고
			지급	현금				
직접비	인건비	내부	지급	미지급				
				현금	71,510	71,510	0	
		현물	9,090	9,090	0			
		외부	지급	미지급				
	현금							
	현물	31,500	31,500	0				
	학생인건비		현금					
	소계			112,100	112,100	0		
	연구장비·재료비		현금					
			현물					
연구활동비								
연구과제추진비								
연구수당								
위탁연구개발비								
소계								
간접비				인력지원비				
				연구지원비				
				성과활용지원비				
				소계				
연구개발비 총액					112,100	112,100	0	

[2세부- 공동 - ㈜이엔지소프트]

항목	비목		금액		계획 금액	사용액	잔액	비고
			지급	현금				
직접비	인건비	내부	지급	미지급				
				현금	98,330.4	98,330.4	0	
		현물	29,340	29,340	0			
		외부	지급	미지급				
	현금							
	현물	31,500	31,500	0				
	학생인건비		현금					
	소계			159,170.4	159,170.4	0		
	연구장비·재료비		현금					
			현물					
연구활동비			1,409.6	654.5	755.1			
연구과제추진비			6,900	7,653	-753			
연구수당								
위탁연구개발비								
소계			8,309.6	8,307.5	2.1			
간접비				인력지원비				
				연구지원비				
				성과활용지원비	120	0	120	
				소계	120	0	120	
연구개발비 총액					167,600	167,477.9	122.1	

[2세부- 공동- 건설기술연구원]

항목	비목		금액	계획 금액	사용액	잔액	비고	
직접비	인건비	내부 인건비	미지급 지급	현금	42,000	42,000	0	
				현물				
		외부 인건비	미지급 지급	현금				
				현물				
		학생인건비	현금					
		소계				42,000	42,000	0
	연구장비·재료비	현금		45,000	45,000	0		
		현물						
	연구활동비			13,000	13,000	0		
	연구과제추진비			6,500	5,050	1,450		
	연구수당			8,400		8,400		
	위탁연구개발비							
	소계			72,900	63,050	9,850		
간접비	인력지원비			6,342	6,342	0		
	연구지원비			8,154	8,154	0		
	성과활용지원비			604	604	0		
	소계			15,100	15,100	0		
연구개발비 총액			130,000	120,150	9,850			

[2세부- 공동 - ㈜서영엔지니어링]

항목	비목		금액	계획 금액	사용액	잔액	비고	
직접비	인건비	내부 인건비	미지급 지급	현금	111,250	111,250	0	
				현물	75,600	75,600	0	
		외부 인건비	미지급 지급	현금				
				현물				
		학생인건비	현금					
		소계			186,850	186,850	0	
	연구장비·재료비	현금		8,620	8,598	22		
		현물		33,991	33,991	0		
	연구활동비			2,010	2,956	-946		
	연구과제추진비			5,496	4,015	1,481		
	연구수당							
	위탁연구개발비							
	소계			50,117	49,560	557		
간접비	인력지원비							
	연구지원비							
	성과활용지원비							
	소계							
연구개발비 총액			236,967	236,410	557			

2. 최종차연도 참여연구원

번호	소속 기관명	직위	생년 월일	전공 및 학위		연구 담당 분야	신규 채용 여부	국가연구개발사업 참여율 (%) [B]	국가연구개발사업 참여 과제 수 (건)
	성명	과학기술인 등록번호	성별	취득 연도	학위 (전공)	과제 참여 기간	이 과제 참여율 (%) [A]	전체 참여율 [A+B, %]	
1	연세대학교	교수	610614	1993.08	박사 (구조)	협동책임	-	20	2
	이상호	1010 4405	남			18.01-18.12	20	40	
2	연세대학교	박사후 연구원	790821	2011.02	박사 (구조)	스키마	-	-	1
	박상일	1083 5393	남			18.01-18.05	79	79	
3	연세대학교	토목공학과 (박사과정)	830228	2015.02	박사수료	스키마	-	-	1
	서경완	1116 6926	남			18.01-18.12	74	74	
4	연세대학교	토목공학과 (박사과정)	870927	2012.02	박사수료	스키마	-	-	1
	장영훈	1109 8898	남			18.01-18.12	74	74	
5	연세대학교	토목공학과 (박사과정)	920930	2018.02	박사수료	모델링	-	-	1
	권태호	1147 6942	남			18.01-18.12	72	72	
6	연세대학교	토목공학과 (석사과정)	880126	2017.02	학사	모델링	-	-	1
	박상호	1166 1508	남			18.01-18.12	83	83	
7	연세대학교	토목공학과 (석사과정)	800807	2006.02	학사	스키마	-	-	1
	최경실	1164 1520	여			18.01-18.12	100	100	
8	연세대학교	토목공학과 (박사과정)	910105	2015.06	석사	모델링	-	-	1
	KHUVILAI ERDENE	1171 5659	남			18.01-18.12	28	28	
9	연세대학교	토목공학과 (석사과정)	910223	2015.02	학사	모델링	-	-	1
	최규원	1149 6719	남			18.09-18.12	33	33	
10	(주)지쓰리 씨	대표이사	711227	2013	박사수료 (구조)	공동책임	-	0	1
	이혁진	1149 8592	남			18.01-18.12	42.9	42.9	
11	(주)지쓰리 씨	연구원	910829	2014	학사 (토목)	BIM	-	0	1
	이선민	1109 9422	여			18.01-18.12	50	50	
12	(주)지쓰리 씨	연구원	880820	2015	학사 (건축)	BIM	-	0	1
	권오성	1158 0746	남			18.01-18.06	49.3	49.3	
13	(주)지쓰리 씨	연구원	771114	2004	학사 (토목)	BIM	-	0	1
	김중배	1149 8595	남			18.07-18.12	75	75	

14	(주)지쓰리 씨	연구원	890525	2016	학사 (건축)	BIM	-	0	1
	박재성	1162 1761	남			18.01-18.08	57.7	57.7	
15	(주)지쓰리 씨	연구원	860127	2013	학사 (건축)	BIM	-	0	1
	어현동	1169 3073	남			18.09-18.12	40.5	40.5	
16	(주)지쓰리 씨	연구원	920401	2017	학사 (건축)	BIM	-	0	1
	이햇님	1171 6394	여			18.01-18.12	47.6	47.6	
17	(주)이엔지 소프트	연구 책임자	750205	2000	석사 (산업공학)	공동책임	-		1
	한정훈	1102 7814	남			18.01-18.12	100	100	
18	(주)이엔지 소프트	대표이사	741111	2001	석사 (토목공학)	연구개발	-	35	1
	김성곤	1089 3418	남			18.01-18.12	25	60	
19	(주)이엔지 소프트	기술이사	670609	2002	박사 (토목공학)	연구개발	-	75	1
	남상혁	1013 3925	남			18.01-18.12	20	95	
20	(주)이엔지 소프트	부장	760628	2000	학사 (토목공학)	연구개발	-	35	1
	남순태	1102 5505	남			18.01-18.12	25	60	
21	(주)이엔지 소프트	차장	761019	2013	석사 (건설환경 공학)	연구개발	-	30	1
	이창우	1087 9034	남			18.01-18.12	25	55	
22	(주)이엔지 소프트	대리	830117	2005	학사 (컴퓨터공 학)	연구개발	-	30	1
	염수진	1090 9278	여			18.01-18.12	20	50	
23	(주)이엔지 소프트	차장	81206	2008	학사 (컴퓨터공 학)	연구개발	-	30	1
	이동훈	1114 3762	남			18.01-18.12	20	50	
24	(주)이엔지 소프트	대리	900708	2013	학사 (컴퓨터제 어)	연구개발	-	30	1
	신민승	1124 9813	남			18.01-18.12	19.83	49.83	
25	(주)이엔지 소프트	사원				연구개발	-	30	1
	김한주	1179 8875	남			18.01-18.12	22	52	
26	한국건설기 술연구원	수석 연구원	741020	2001	석사 (전산)	BIM	-	50	2
	서명배	1101 4169	남			18.01-18.12	29	79	
27	한국건설기 술연구원	연구위원	660315	2001	석사 (건축)	BIM	-	60	4
	주기범	1092 8886	남			18.01-18.12	6	66	
28	한국건설기 술연구원	수석연구원	721012	2000	석사 (건축)	BIM	-	25	2
	옥 현	1103 2343	남			18.01-18.12	10	35	

29	한국건설기 술연구원	수석 연구원	720824	2000	석사 (건축)	BIM	-	35	4
	김성진	1113 7949	남			18.01-18.12	10	45	
30	한국건설기 술연구원	연구원	821116	2015	박사 (건축)	BIM	-	60	3
	박형진	1091 3437	남			18.01-18.12	30	90	
31	(주)서영엔지 니어링	전무	651229	2015	석사 (토목)	철도	-	0	1
	이경복	1149 8318	남			18.05~19.04	70	70	
32	(주)서영엔지 니어링	상무	670710	1991	학사 (토목)	BIM	-	0	1
	이일수	1149 8285	남			18.05~19.04	60	60	
33	(주)서영엔지 니어링	부장	721219	2012	학사 (경영)	BIM	-	0	1
	임성순	1149 8369	남			18.05~19.04	40	40	
34	(주)서영엔지 니어링	차장	760214	2002	학사 (토목)	BIM	-	50	2
	이선우	1149 8321	남			18.05~19.04	40	90	
35	(주)서영엔지 니어링	과장	810410	2014	박사 (토목)	BIM	-	0	1
	이헌민	1093 3797	남			18.05~19.04	50	50	
36	(주)서영엔지 니어링	대리	830701	2009	학사 (토목)	BIM	-	0	1
	김남일	1149 8312	남			18.05~19.04	30	30	
37	(주)서영엔지 니어링	대리	830704	2010	학사 (교통)	철도	-	0	1
	송민성	1115 8228	남			18.05~19.04	50	50	
38	(주)서영엔지 니어링	사원	890122	2014	석사 (토목)	BIM	-	44.2	2
	이민주	1135 0122	여			18.05~19.04	24	68.2	

제12장. 참고 문헌

- 권상오. (2011). *지하철 역사 시설관리를 위한 BIM적용 방안에 관한 연구*. 석사학위 논문, 한양대학교.
- 유무일, 권오엽. (2012). 3D TOOL을 이용한 배선 설계. *한국철도학회 학술발표대회 논문집*, 964-969.
- 이근일, 민창훈, 조빛나, 신민호, 강인석. (2013). 철도시설공사 BIM적용을 위한 4D 공정관리 표준 프레임워크 구축 연구. *한국BIM학회 정기학술대회 논문집*, 3(1), 19-20.
- 이기선. (2013). *도시철도 시설사업의 유지관리 BIM 정보 활용을 위한 발주단계 BIM 적용 요소에 관한 연구*. 석사학위논문, 한양대학교.
- 이상호, 박상일, 박건영. (2014). IFC Property Set을 활용한 강박스교 구성요소의 의미정보 생성. *대한토목학회 논문집*, 34(2), 687-697.
- 일본 東JR. (2012). *Central Japan Railway*. 일본: 일본 東JR.
- 정수영, 이종성, 박수중, 이근영. (2011). BIM 기반/스마트 BOM의 형상관리에 의한 전 생명주기를 고려한 철도건설가업관리 시스템 및 방법에 관한 고찰. *한국철도학회 학술발표대회 논문집*, 2280-2285.
- 정종현, 김치경, 이재철, 김지현, 김민수. (2012). IFC를 이용한 기본설계단계 철근배근의 표현. *대한건축학회 논문집*, 28(1), 59-67.
- Crossrail Ltd.. (2012). *Crossrail*. UK: Crossrail Ltd.
- ISO. (2005). *ISO/PAS 16739:2005 Industry Foundation Classes, Release 2x, Platform Specification(IFC 2X Platform)*. Switzerland: Switzerland: ISO.
- ISO. (2007). *ISO 12006-3:2007 Building construction - Organization of information about construction works - Part 3: Framework for object-oriented information*. Switzerland: ISO.
- ISO. (2010). *ISO 29481-1:2010 Building information modelling - Information delivery manual - Part 1: Methodology and format*. Switzerland: ISO.
- ISO. (2012). *ISO 29481-2:2012 Building information models - Information delivery manual - Part 2: Interaction framework*. Switzerland: ISO.
- Kim, B.-G. and Lee, S.-H.. (2011). Enhancement of spatial and physical elements for IFC-based bridge data model, *Proceeding of The 28th International Symposium on Automation and Robotics in Construction(ISARC2011)*, Korea.
- Lee, G. Won, J. Ham, S. and Shin, Y.. (2011). Metrics for quantifying the similarities and differences between IFC files. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 25(2), 172-181.
- Lee, G. Jeong, J. Won, J. Cho, J. You, S.-J. and Kang, H.. (2013). Query performance of the IFC model server using an object-relational database(ORDB) approach and a tradition-relational database(RDB) approach. *Journal of Computing in Civil Engineering*, accepted.
- Lee, S.-H. and Kim, B.-G.. (2011). IFC extension for road structures and digital modeling. *Proceeding of The 12th East Asia-Pacific Conference on Structural Engineering and Construction(EASEC-12)*, China.
- Lee, S.-H. Park, S.I. and An, H.J.. (2012). Industry Foundation Classes-based bridge modeling method - Adding new entities versus using user-defined property sets. *Proceeding of The 2nd International Conference on Computational Design in Engineering(CODE2012)*, Korea,
- Lee, S.-H. Park, S.I. and Yang, M. (2013). User-defined property sets-based IFC extension for bridge application information model. *Proceeding of The 5th International Conference on Construction Engineering and Project Management (ICCEPM2013)*, USA.
- Lee, S.-H. Kim, B.-G. and Park, S.I.. (2013). Integration of Bridge Model Data and Engineering Document Information. *Proceeding of 30th CIB W78 International Conference*, China.
- Lee, S.-H. Park, S.I. and Park, J.. (2013). IFC-based Bridge Application Information Model Using User-defined Property Sets. *Proceeding of The First International Conference on Civil and Building Engineering Informatics (ICBEI)*, Japan.
- Lee, S.-H. Park, S.I. Park, J. and Seo, K.W.. (2014). Open BIM-based Information Modeling of Railway Bridges and its Application Concept, *Proceedings of The 2014 International Conference on Computing in Civil and Building Engineering*, USA.
- Liebich, T. & Wix, J.. (2000). *IFC Technical Guide - IFC Release 2x, Enabling Interoperability in the AEC/FM Industry*. USA: International Alliance for Interoperability.
- URS/Wilson, S.. (2010). *Crossrail*. UK: URS/Scott Wilson.
- URS/Wilson, S.. (2010). *East London Line*. UK: URS/Scott Wilson.
-

1. 표지

3cm	18RTR P-B10 4237-0 4	4cm	보안 과제(), 일반 과제(○) / 공개(○), 비공개() 철도기술연구사업 사업 제4차 연도 최종 보고서
3cm	다차원 객체기반 철도인프라 시공관리 기술 개발 최종보고서	Development of Construction Management Technology based on Multidimensional Objects for Railway Infrastructure Project	<div data-bbox="1034 347 1311 407" style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 20px;"> R&D / 18RTRP-B104237-04 </div> <div data-bbox="794 474 1353 654" style="margin-bottom: 20px;"> 다차원 객체기반 철도인프라 시공관리 기술 개발 최종보고서 </div> <hr style="width: 40%; margin: 0 auto;"/> <div data-bbox="1104 750 1369 795" style="margin-bottom: 20px;"> 2019. 03. 27. </div> <div data-bbox="673 855 1149 1182" style="margin-bottom: 20px;"> 협동연구기관 / 경상대학교 공동연구기관 / (주)지오엔티 공동연구기관 / (주)두올테크 공동연구기관 / GS건설(주) 공동연구기관 / 서울시립대학교 공동연구기관 / (주)동성엔지니어링 위탁연구기관 / (주)평화엔지니어링 </div> <div data-bbox="837 1877 1417 2020" style="margin-top: 20px;"> 국 토 교 통 부 국토교통과학기술진흥원 </div>
	2018 국토교통과학기술진흥원	R&D Report	

2. 제출문

제 출 문

국토교통과학기술진흥원장 귀하

‘BIM기반의 철도인프라 관리 표준기술 개발’(연구개발 기간 : 2010.10. ~ 2018.12.) 과제의 최종보고서 00부를 제출합니다.

2019. 03. 27.

협동연구기관명	: 경상대학교 산학협력단	(대표자)	(인)
공동연구기관명	: (주)지오엔티	(대표자)	(인)
공동연구기관명	: (주)두올테크	(대표자)	(인)
공동연구기관명	: GS건설(주)	(대표자)	(인)
공동연구기관명	: 서울시립대학교	(대표자)	(인)
공동연구기관명	: (주)동성엔지니어링	(대표자)	(인)
위탁연구기관명	: (주)평화엔지니어링	(대표자)	(인)

협동연구기관책임자 : 강인석 교수
공동참여기관책임자 : 지상복 대표이사
공동참여기관책임자 : 김진만 상무
공동참여기관책임자 : 조재영 차장
공동참여기관책임자 : 김현주 교수
공동참여기관책임자 : 신재철 전무
공동참여기관책임자 : 김상태 이사

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제38조에 따라 최종보고서 열람에 동의합니다.

3. 보고서 요약서

보고서 요약서

과제 고유 번호	18RTRP-B10423 7-04	해당 단계 연구 기간	'18.01.01.- '18.12.31	단계구분	(4)/(4)
연구사업명	중사업명	철도기술연구사업			
	세부사업명				
연구과제명	대과제명	BIM기반의 철도인프라 관리 표준기술 개발			
	세부과제명	3세부 : 다차원 객체기반 철도인프라 시공관리 기술 개발			
연구책임자	강인석	해당단계 참여 연구원 수	총: 명 내부: 명 외부: 명	해당단계 연구개발비	정부: 962,000천원 기업: 324,490천원 계: 1,286,490천원
		총 연구기간 참여 연구원 수	총: 명 내부: 명 외부: 명	총 연구개발비	정부: 8,429,000천원 기업: 672,070천원 계: 3,042,490천원
연구기관명 및 소속 부서명	경상대학교, (주)지오엔티, 두올테크, GS건설 (주), 서울시립대학교, (주)동성엔지니어링				
국제공동연구	상대국명: 해당없음		상대국 연구기관명: 해당없음		
위탁연구	연구기관명: (주)평화엔지니어링		연구책임자: 김상태 연구위원		
<p>■ 3세부 : 다차원 객체기반 철도인프라 시공관리 기술 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 철도인프라 사업관리 공정 관리 기술 개발 ○ 철도인프라 사업관리 표준 프레임워크 개발 ○ 철도인프라 사업관리를 위한 BIM 기반의 의사결정 지원 기술 개발 ○ 철도인프라 BIM 기반 사업관리 운영체계 Test Bed ○ 철도시설 공정별 공사기간 예측 알고리즘 및 전산 프로그램 개발 ○ 철도인프라 시공현장 영상정보 연동 기술 개발 ○ BIM 기반 설계변경에 따른 공사비 추정 알고리즘 및 설계변경 기 능 개발 				<p>보고서 면수 : 69페이지</p>	

4. 국문 요약문 (필요시 수정 후 청색 표기)

<p>연구의 목적 및 내용</p>	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 최근 국내외에서 건축공사 중심으로 BIM적용이 활성화되고 있으나, 설계 및 시공정보의 시각화 패러다임 변화로 철도시설을 포함한 토목공사에서도 BIM기술 적용은 필수적 요소가 되고 있음 ◦ 국내외에서 BIM 연구와 적용사례들이 다양하게 보고되고 있으나, 대부분이 설계 단계 3D모델링 기술위주의 사례들이며, 일부 적용되는 4D CAD시스템들도 공정 현황의 단순한 시각적 정보만을 제공하는 수동적인 BIM기능으로 구성되어 있음 ◦ 철도를 포함한 토목시설 BIM적용은 초보적 단계이며 해외에서 일부 적용사례가 있으나 철도인프라 시공단계에 활용할 수 있는 특화 기능의 구성이 미흡하여 실무적으로 활용성이 확보되어 있지 않음 ◦ 본 연구에서는 철도인프라 시공단계 사업관리에 특화된 BIM시스템을 개발하며, 이를 위하여 선형적 시설물에 적합한 위치정보기반의 시뮬레이션 알고리즘을 구축함 ◦ 또한 의사결정 기능을 갖는 능동형 공정 시뮬레이션, 설계변경을 고려한 공정 및 사업비에측, 실제 현장의 영상기반 공정시뮬레이션, 이력정보를 포함한 철도 협업관리 기능 등을 고려한 첨단 철도인프라 사업관리 시스템을 구축함 ◦ 특히 본 시스템은 각종 사업관리 기능 모듈들이 구현될 수 있는 프레임워크와 개별 모듈들을 독립적 기능으로 구축하여, 발주기관이 프레임워크와 기능별 모듈을 제공하면 계약자는 필요한 모듈에 시뮬레이션을 위한 정보만을 구성함으로써 공구별 BIM성과물을 완성할 수 있는 체계로 구축함 ◦ 이로써 민간기관은 BIM시스템 구축을 위한 중복투자비용을 절감하고, 발주기관은 공구별 BIM기반 공정 정보를 일관성 있게 관리할 수 있음 ◦ 연구 성과물은 실제 시공 영상정보 등을 포함하여 실제 현장 정보에 기반한 의사결정기능을 갖춘 BIM시스템으로 구축하며, 본 연구단의 1세부과제 성과물인 PLM시스템과 연동되도록 하여 철도인프라 생애주기 BIM정보의 재활용이 가능하도록 함 ◦ 또한 이러한 연구내용들은 현재 시공중인 실제 현장을 테스트베드로 하여 단계별로 적용성과 실무적 활용성을 검증하며, 연구종료 후 실제 현장 적용을 위한 구체적 절차를 구축함 				
<p>연구개발성과</p>	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 철도인프라의 선형적 4D 객체 시뮬레이션 시스템 개발 ◦ BIM기반 철도인프라 사업관리 프레임워크 구축 ◦ 시공단계 공기 및 사업비 변경의 협업관리 시스템 구축 ◦ 시공현장 영상정보 BIM연동 모듈 구성 ◦ Test-Bed 프로젝트 적용을 통한 적용성 검증 				
<p>연구개발성과의 활용계획 (기대효과)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 국내외에서 시도된바 없는 철도인프라 시공단계에 특화된 BIM기반 사업관리 시스템 구축기술은 관련분야에서 선도적 해외경쟁력을 확보할 수 있으며, 특히 급증하는 국내외 고속철도 수주에서 시공단계 경쟁력 확보 요인으로 활용될 수 있을 것으로 기대됨 ◦ 국가 기반사업인 철도사업의 BIM기반 사업관리 운영체계를 표준프레임워크로 구성하여 참여업체에 제공함으로써 최소 비용으로 민간의 철도시설공사 BIM 기술력을 향상시킬 수 있음 ◦ 연구단에 참여하고 있는 발주기관과의 지속적 협의로 직접 시범사업의 시공BIM 발주가 가능하도록 하여 철도시설공사 사업관리시스템 (PMIS)에서 시공단계 기능의 대체효과를 가질 수 있을 것으로 기대됨 				
<p>핵심어 (5개 이내)</p>	<p>철도인프라 BIM</p>	<p>4D CAD</p>	<p>표준프레임워크</p>	<p>영상정보연동 BIM</p>	<p>협업관리</p>

5. 영문 요약문 (필요시 수정 후 청색 표기)

< SUMMARY >

<p>Purpose & Contents</p>	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Recently, BIM is actively applied mainly to building projects both at home and abroad. However, as there is a paradigm shift in visualization of design and construction information, the application of BIM to civil engineering projects including railway becomes essential ◦ Although various studies and application cases of BIM are being reported both at home and abroad, most of them are limited to 3D modeling techniques in the stage of design and even BIM-based 4D CAD systems include merely a passive function of BIM which provides simple visual information about status of schedule ◦ The application of BIM to civil engineering projects including railway facility is still in an early stage. The application cases in foreign countries have not shown any specialized function applicable to the construction of railway infrastructure. Therefore, the availability at a practical level has not been secured ◦ In this research, a BIM system specialized for the project management in the construction stage of railway infrastructure will be developed, and for this purpose, a location-based algorithm fit for a linear construction project will be established ◦ Additionally, a high-tech railway infrastructure project management system will be constructed. The functions of this system will include active schedule with decision-making function, schedule and project cost estimation with design change being considered, image-based schedule simulation of real site, and railway cooperation management including history information ◦ Private organizations can save duplicate investment cost for establishing BIM system and ordering organizations can manage consistently BIM-based sectional schedules and project cost information ◦ The result of this research will be connected to PLM system which is the result of 1st detailed project of this research group so that BIM information of the life cycle of railway infrastructure will be able to be recycled ◦ An actual site where the work of construction is in progress is the test bed of the above research contents. The practical availability of the contents will be verified by being applied to the test bed step by step, and thus a concrete procedure for actual application will be established 				
<p>Results</p>	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 4D CAD system for railway infrastructure ◦ BIM-based framework for project management of railway infrastructure ◦ Decision-making BIM module with consideration of design change ◦ BIM module connected to Drone image of construction sites ◦ Application of test-bed project 				
<p>Expected Contribution</p>	<ul style="list-style-type: none"> ◦ The construction of BIM-based project management system specialized for the construction stage of railway infrastructure has not been attempted yet both at home and abroad and thus will give an opportunity to take the initiative in overseas markets of relevant fields ◦ Through continuous consultation with an ordering organization participating in the research group, the order of construction BIM for a demonstration project seems to be possible. Accordingly, in the existing project management information system (PMIS) of railway facility construction, the BIM is expected to replace the existing functions at the construction stage 				
<p>Keywords</p>	<p>Railway infrastructure BIM</p>	<p>4D CAD</p>	<p>Framework</p>	<p>BIM using real site image</p>	<p>Collaboration work</p>

6. 본문 목차

< 목 차 >

1. 연구개발과제의 개요	7
2. 국내외 기술 개발 현황	13
3. 연구 수행 내용 및 성과	18
4. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도	44
5. 연구개발성과의 활용 계획	45
6. 연구 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보	50
7. 연구개발성과의 보안등급	54
8. 국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황	54
9. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전 조치 이행 실적	54
10. 연구개발과제의 대표적 연구 실적	54
11. 기타 사항	57
12. 참고 문헌	65

7. 본문

제1장. 연구개발과제의 개요

1. 연구개발 목적

- **연구 목적** : 본 연구는 토목, 전기, 신호, 기계 등의 공정이 복합적으로 구성되고 광범위한 공사현장에서 선형적으로 시공되는 철도인프라 시설물의 시공단계 공정 및 협업관리에 활용 가능한 사업관리 BIM시스템을 개발하는 것이 목적임
- **연구 배경** : 기존 철도시설공사 공정관리에서는 2D도면과 공정관리 전용 시스템인 Primavera 또는 MS-Project를 주로 활용하였으나, 이러한 2D기반의 공정관리 시스템에서는 공사참여자들의 이해도가 낮아서 현업과 분리되는 경우가 많고 불명확한 비용 및 일정관리가 수행될 수 있으므로, 3차원 객체 모델에 공정/비용/현장관리 정보 등을 통합하여 공사 진행 현황을 가시적으로 표현하는 BIM 기술의 활용도가 높아지고 있음
- 건축분야의 공정관리기술이 한정된 공간에서 수직적, 반복적 공정으로 진행되는 것과 달리, 철도시설물은 대규모 토공사를 포함한 수평적 및 비반복적 공정 구성과 공간적 광범위함으로 공정관리분야 BIM기술 적용이 용이하지 않으므로, 기존에 활용되던 BIM과는 차별화된 철도시설에 특화된 BIM기능들을 구성하는 것이 요구됨

가. 최종목표

- 본 연구에서는 철도시설물 시공단계에 활용 가능한 선형 4D CAD기반 공정관리, BIM기반의 협업관리 시스템을 구축하며, 구축된 시스템은 Test Bed 프로젝트에 적용하여 활용성을 검증함
- 이를 실현하기 위하여 목표로 하는 중점기술은 아래와 같음

■ 3세부 : 다차원 객체기반 철도인프라 시공관리 기술 개발

- 철도인프라 사업관리 공정관리 모듈 설계
- 철도인프라 사업관리 표준 프레임워크 개발
- 철도인프라 사업관리를 위한 BIM 기반의 의사결정 지원 기술 개발
- 철도인프라 BIM 기반 사업관리 운영체계 Test Bed
- 철도시설 공정별 공사기간 예측 알고리즘 및 전산 프로그램 개발
- 철도인프라 시공현장 영상정보 연동 기술 개발
- BIM 기반 설계변경에 따른 공사비 추정 알고리즘 및 설계변경 기능 개발

- **연구 방법** : 이를 위하여 선형 시설물의 위치정보기반 시뮬레이션 기법을 도입하고, 4D CAD의 단순 시각화기능에서 문제해결능력을 갖는 능동적 기능중심으로 철도시설 공정 및 협업관리에 특화된 사업관리체계를 4D객체기반의 표준프레임워크 엔진으로 개발하여 사업 참여 발주 및 민간기관에 공통적 공정운영체제로 활용되도록 함
- 또한 연구에서는 복합공정으로 진행되는 철도시설공사의 공정 이력관리를 위하여 협업관리 기능 모듈과 공기 및 사업비 변경 등을 고려한 의사결정 모듈을 구축하여 프레임워크에서 가동되도록 함

- **연구 성과물 구성** : 3세부 연구 성과물의 전체 구성도는 그림 1과 같으며, 우선적으로 프레임워크를 구축하고 철도시설물에 특화된 4D 기능들을 개별적 모듈로 구성한 후, 각 모듈이 프레임워크 내에서 가동되도록 모듈과 프레임워크간의 데이터연동체계를 구축함



그림 1 3세부 연구 총괄 개요도

- 이러한 모듈의 공구별 시공정보의 활용 성과물은 1세부과제의 생애주기 BIM운영시스템에 연동되도록 하여, 최종적으로는 2세부과제의 설계단계 BIM정보와 3세부과제의 시공단계 BIM정보로서 생애주기 BIM정보 활용체계를 완성하게 됨
- 연구에서 구축하는 프레임워크는 개별 모듈들의 기능 구현이 가능하도록 하는 틀 (frame)을 의미하고, 개별 모듈이란 4D, 5D, 협업관리, 실제영상시물레이션 등의 독립 시스템들로 구성되며, 이러한 방식으로 BIM시스템을 구성하면 공통적 프레임을 이용하여 사용자가 필요로 하는 모듈만을 발주기관에서 공급받아 공구별로 최적화된 BIM시스템 구현이 가능할 수 있음 (그림 2 참조)



그림 2 BIM기반 철도인프라 사업관리 표준프레임워크 체계

-
- 철도시설공사 공정 정보들을 이와 같이 프레임워크기반의 독립적 모듈로 구성하면 발주기관에서는 사업기간 전체의 시공단계 공정정보를 BIM기반으로 표준 관리가 가능해지고, 민간참여기관은 BIM시스템 구축의 투자비용 및 시간을 감소시킬 수 있으므로 장기적으로 철도분야의 민간 BIM 생태계 활성화를 유도할 수 있음

나. 최종목표의 성격 및 설정근거

- 국내외에서 BIM이 본격 활용되면서 기존 수치정보 기반의 사업관리기술도 4D 객체기반의 시각적 사업관리 개념으로 패러다임이 변화되고 있음
- 이미 건축시설 BIM은 일정규모이상에 의무적용 됨과 함께 토목시설 발주기관들도 BIM가이드라인을 준비 중에 있고, 특히 해외 철도사업에서 BIM 적용이 가시화되고 있는 등 철도인프라 사업관리에서 BIM 적용은 필수적 요소가 되는 시점에 있음
- 기존의 BIM이 수직적이고 반복적 작업으로 구성된 건축시설 설계단계의 3D기반 모델링과 간섭관리에 중점을 두고 있는 반면에 철도시설물은 토목, 궤도, 전기, 신호 등의 복합시설물이 수평적인 광범위한 작업공간에서 비반복적으로 시공 작업이 진행되어, 이에 특화된 BIM 기반 시공단계 광역현장 관리기능과 동시 참여하는 다수 시공사의 공정간 협업관리 및 예측 시뮬레이션기능 등이 요구되고 있음
- 기존의 BIM체계는 설계단계에 중점을 두고 있으며, BIM활용성과를 확보하기 위해서는 시공단계 BIM과 연동되는 운영체계가 필요하며, 연구에서는 시공단계 BIM으로 대표적으로 활용되고 있는 4D CAD기반 공정관리 운영체계를 기존 건축공사 중심의 기능이 아닌 선형적 공간에 적합한 철도시설물에 특화된 기능으로 개발함
- 또한 시공단계에 활용 가능한 협업관리 및 사업관리 기능을 갖는 BIM운영체계를 구축하여 현재 시공 중에 있는 실제 프로젝트에서 적용성을 검증함

2. 연구개발의 필요성

■ 3세부 : 다차원 객체기반 철도인프라 시공관리 기술 개발

- 4D CAD시스템은 시공단계의 BIM 적용기술로 가장 많은 활용성을 갖고 있으나 단순히 일정별 공정정보의 현상을 시각화하는데 중점을 두어 현장의 실무 활용성이 미흡하므로, 선형적 공간으로 구성되는 철도시설물의 실제 공정정보를 고려하여 최적의 공정관리계획을 제시하고 시뮬레이션이 가능한 의사결정기능을 갖춘 BIM시스템을 구성하는 것은 BIM의 실무적 활용성 증대에 주요 요인이 됨
- 실무 공정관리측면에서는 Primavera, MS-Project 등과 같이 기존 공정관리 프로그램을 통한 공정계획을 수립하는 과정은 공정관리자의 경험과 직관에 의존하기 때문에 현장실무와의 연계성이 낮아지므로, 현장의 실시간 공정 정보와 작업환경을 반영하고 설계대안을 고려한 공사기간 예측 기술을 갖는 BIM시스템이 보다 실무적 활용성을 높일 수 있음
- 현장관리측면에서는 철도와 도로공사에서 CCTV를 활용한 현장모니터링 시스템을 구축하고 있으나, 전기, 배선 등 설치상의 문제와 저해상도 영상으로 웹 카메라의 운영범위가 제한적이므로, 광범위한 현장의 효율적인 관리를 위해서 드론영상 등과 4D CAD시뮬레이션을 연동하는 기술을 개발하여 공사현장 전 구역을 고품질 영상기반으로 모니터링이 가능한 BIM기반 현장관리 체계의 구축이 필요함
- 철도기술과 관련된 시장 규모는 당분간 연간 3.4% 정도의 성장세를 유지할 것으로 예측되고 있는 바와 같이 급증하는 국내 고속화철도 시설공사와 해외 고속철도 수주경쟁에 선도적 기술력으로 대응하기 위해서는 철도인프라에 특화된 BIM시스템 구축이 시급하고, 생애주기 BIM 적용성 확보를 위해서는 시공단계에 활용할 수 있는 철도시설용 시공단계 시뮬레이션 엔진구축이 중요요소가 됨 (THE WORLDWIDE MARKET FOR RAILWAY INDUSTRIES 2014)

AS-IS



■ 현재 기술수준

- 수치적 정보 및 수동적 단순 시각화 기능의 BIM 활용체계
 - 실무진 중심의 공정정보 보고서 위주 활용으로 실제 공정업무에 활용이 어려움
 - 후속작업 예측 곤란 및 협업관리 곤란
 - 공정 현황의 단순 시각화로 실무 활용성 저하되고, 대다수 설계단계 중심 BIM으로 시공단계 활용성 저하
 - 현장의 실제 공정정보를 고려하여 최적의 공정관리계획을 제시하고, 의사결정기능을 갖춘 BIM 운영체계가 필요함
- 표준화 되지 않은 사업관리 운영체계
 - 공구별 상이한 운영 시스템 및 비정형 데이터에 의한 사업관리 운영의 어려움
 - 통합 사업관리의 어려움 및 관련 시스템개발의 중복투자 발생
- BIM 시스템의 요소 기능별 개별적 구축에 의한 확장성 미비
 - 철도인프라 발주기관 및 시공사에 적합한 사업관리 운영 기능 및 통합 관리기능이 미비

TO-BE



■ 기술개발 완료 후

- 시각적 정보기반의 공정관리 운영체계 수립
 - 시각적 공정정보 공유로 참여자간 원활한 공정협의 가능
 - 토공사 등을 포함한 철도시설 등의 수평적 작업에 대한 공정 시뮬레이션 구현 가능
 - 철도시설공사의 현장 관리를 위해 첨단 IT기술의 연계로 광역현장관리 기능 구성
- 철도인프라 사업관리 표준 프레임워크 개발
 - 공구별 사업관리 BIM 정보의 표준관리 및 통합 운영 가능
 - BIM 기반의 공정 관리, 의사결정 지원, 영상정보 연동모듈 등이 표준화된 프레임워크에서 운영되어 사용자별 적합한 사업관리 체계를 구성하여 운영할 수 있음
- 능동적 BIM 객체기반으로 철도인프라 사업관리 효율성 확보
 - 의사결정지원이 가능한 능동형 공정 관리 및 BIM기능 구성
 - 위치정보기반의 선형적 공정 시뮬레이션 등 철도인프라에 특화된 기능 구성

3. 연구개발 범위

■ 3세부 : 다차원 객체기반 철도인프라 시공관리 기술 개발

▶ 철도인프라 사업관리 공정 관리 기술 개발

- 능동형 BIM기반의 철도인프라 공정관리 구축방법론 개발
- 능동형 BIM기반의 철도인프라 공정관리 모듈 설계
- 과거 특정시점 및 현재시점에서의 계획 대비 공정현황 비교 모듈 설계
- 임의시간 및 공구 선택에 따른 시각화 시뮬레이션 시안 구성
- 광역현장관리 모듈 설계

▶ 철도인프라 사업관리 표준 프레임워크 개발

- 철도인프라 사업관리 표준 프레임워크 구축 방법론 개발
- 철도인프라 사업관리 표준 프레임워크 개발 및 적용
- 표준 프레임워크 기반에서의 모듈 적용성 검증
- 선형시설물 4D시뮬레이션 모듈 개발

▶ 철도인프라 사업관리를 위한 BIM 기반의 의사결정 지원 기술 개발

- 시공단계 협업기능 검증
- 참여기관 간 시공 현안 이슈관리 모듈 개발
- 의사결정 지원 모듈 활용 가이드라인 작성
- 모듈별 단위테스트 및 시범적용을 위한 Test bed 지원

▶ 철도인프라 BIM 기반 사업관리 운영체계 Test Bed

- 철도 인프라 BIM 기반 사업관리 운영체계 적용 기반 구축
- 철도 인프라 BIM 기반 사업관리 운영체계 Test Bed 적용
- 철도 인프라 BIM 기반 사업관리 운영체계 현장 적용성 검증 및 보완

▶ 철도시설 공정별 공사기간 예측 알고리즘 및 전산 프로그램 개발

- 실시간 현장정보 및 작업환경 등을 반영한 철도시설 공정별 공사기간 예측 알고리즘 개발
- 실시간 현장정보 및 작업환경 등을 반영한 철도시설공정별 공사기간 예측 전산프로그램 개발

▶ 철도인프라 시공현장 영상정보 연동 기술 개발

- 철도인프라 시공현장 영상정보 연동 모듈 방법론 개발
- 철도인프라 시공현장 영상정보 연동 모듈 개발

▶ BIM 기반 설계변경에 따른 공사비 추정 알고리즘 및 설계변경 기능 개발

- BIM기반 설계변경에 따른 공사비 추정 알고리즘 개발
- BIM기반 설계변경 업무 프로세스 정립 및 설계변경 기능 설계

제2장. 국내외 기술 개발 현황

가. 국가 연구개발사업 유사연구 실적

- 국가과학기술지식정보서비스(www.ntis.go.kr)를 활용하여 연구개발과제의 중복방지를 위한 조사 및 검토를 수행하였고, BIM관련 연구개발 사업은 건축시설물 중심으로 연구가 수행되고 있으며 연구주제에서도 철도인프라 시설물의 BIM 연구내용과 중복성은 없음
- 기존 연구 과제는 IFC와 같이 BIM모델간의 정보처리 상호 운용성을 향상시키기 위한 표준 데이터 모델 개발 및 정보모델의 재활용에 집중되어있으며, 시공단계의 BIM 운영기술 개발에 대한 과제는 미흡함
- 기존의 BIM 운영기술은 특정 업무를 위한 단일 기능으로 개발하고 있으나, 본 과제에서는 표준프레임워크기반에서 활용 가능한 다양한 기능들을 포함하는 BIM기반 철도인프라 시공관리 기술을 개발하는 것으로서 기존 과제들과는 차이를 가짐

나. 국내외 BIM 관련 논문 현황

- 국내 BIM 관련 논문의 현황을 분석하기 위하여 NDSL의 국내 학술문헌 검색시스템을 활용하여 2007년~2016년 까지 발표된 논문들의 현황을 조사하였음
- 국내에서 최근 10년간 발표된 BIM관련 논문들은 총 1356편으로 조사되었으며, 2007년도부터 지속적으로 증가하고 있고, 최근까지 한해 100여편 이상의 논문이 발표되고 있으며, 검색된 전체 논문들 중에서 공정관리분야와 관련된 논문은 3.76%(51편/1356편) 수준이며, 사업비 관리분야는 2.73%(37편/1356편) 수준으로 연구 사례가 미흡한 것으로 조사되었음

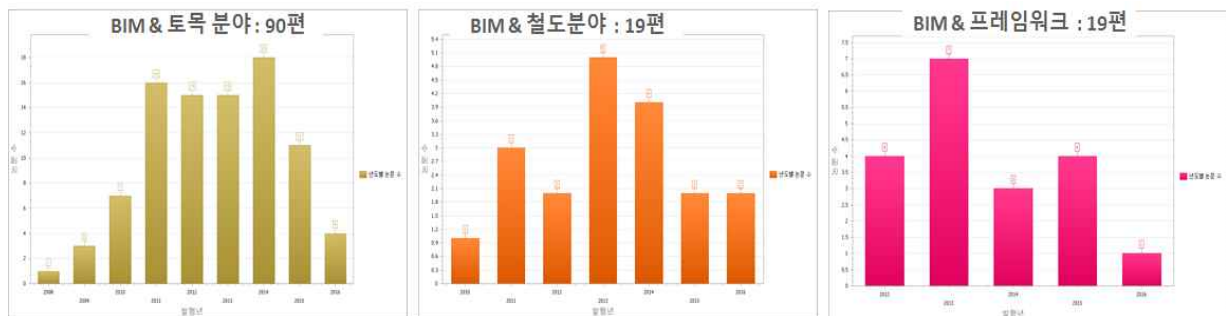


그림 1 토목, 철도분야 및 프레임워크에 관한 국내 BIM 논문 동향

- 특히 본 과제와 직접적으로 관련이 되는 철도분야와 프레임워크에 대한 논문들이 저조한 실정으므로 철도분야의 BIM 활용성을 높이기 위해서는 집중적이고 지속적인 R&D 투자로 철도분야 BIM 연구의 활성화를 도모할 필요가 있을 것으로 판단됨
- SCOPUS의 해외 학술문헌 검색시스템을 통해서 2007년~2016년 까지 발표된 BIM관련 논문의 현황을 조사하였으며, BIM관련 논문들을 가장 많이 발표한 국가는 미국(971편/4324편, 22.46% 수준)이며, 우리나라(198편/4324편, 4.6% 수준)는 중국(750편/4324편, 17.35% 수준)과 호주(317편/4324편, 7.33% 수준)에 이어 4번째로 비교적 높은 수준임

- BIM관련 해외 논문 조사에서 공정관리와 사업관리에 관한 논문들이 전체의 14.2%로 수준으로 데이터 표준, 설계 등의 타 분야에 비해 많은 연구가 진행되고 있는 수준은 아니지만, 최근에 많은 4D, 5D 및 물량산출에 관한 연구 논문들이 발표되는 추세를 보이고 있음

다. 국내외 BIM 연구 및 시장현황

- 최근 국토교통부는 철도 및 도로공사 등의 사회기반시설(SOC) 건설공사의 20%이상에 BIM을 적용하기 위해 ‘보급시스템구축’ 등 제반 사업을 추진할 계획이라고 발표하였으며, 이로써 규모가 큰 건축공사 위주로 도입, 활용 중인 BIM을 SOC공사에 도입함으로써 BIM 확산과 관련업체의 해외시장 진출을 도모하고자 함
- 건축공사는 2011년 국토교통부에서 BIM가이드라인을 공표하였고 조달청에서 2015년부터 300억 원 이상 공공발주공사에 BIM을 의무적용하고 있는 등, BIM적용이 활성화되어 민간공사에서도 중규모 이상 공사의 설계단계 적용이 가시화되고 있음
- 토목공사는 최근 한국도로공사, K-Water, LH공사 등에서 토목공사 BIM발주를 위한 가이드라인 구성 작업을 시도하고 있고, 국토교통부에서도 토목시설물 BIM적용 의무화 시행 계획을 준비 중에 있으며, 대형 설계사와 건설사 등 민간기관에서도 BIM도입을 적극 검토하고 있으나 BIM도입을 위한 절차와 활용효과의 구체성 검토 등으로 초기 단계에 머물러 있음
- 건축 및 토목공사 모두 BIM 데이터 활용은 도면추출 및 간섭체크 등 기본적 기능위주로 활용되고 있으며, 공정, 사업비, 협업 관리 등의 시공단계 BIM활용은 초보적 수준에 그치고 있음

표 2 기술적용 대상별 국내 활용현황

구분	활용현황
시공	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 시공 순서 및 오류 검토 ▪ 공종 간 간섭 등 시공간섭 체크를 통한 설계변경 사항 감소 ▪ 3D 형상 검토를 통한 시공성 향상 ▪ 국내 관련 기술 개발은 연구팀을 비롯한 일부 기관에서 개발한 사례가 있음
구조	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 철골 및 철근 등의 3D 형상 모델링 구축 (DP, Teckla, Allplan 등) ▪ 구조 형식 및 재료에 대한 구조 해석 수행 ▪ 구조 상세부재 설계에 활용 ▪ 상세도면 추출 및 간섭 체크 ▪ 마이더스 사 등 구조해석 응용기술 프로그램 활용 다수
설비/전기	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 물량 산출을 통한 내역서 연계 ▪ 법규 검토 자동화 ▪ 3D Visualization에 대한 이해도를 높여 시공 효율성 향상 ▪ 일부 건축기계설비 Shop 드로잉 시스템 개발 등 사례 있음
환경 및 분석	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 일조, 향, 일영 시간 검토, 사선 제한 및 환경 요소 등의 검토 가능 ▪ 에너지 사용량 분석 등 사전 검토 가능 ▪ 국내 관련 기술 개발은 현재 없음

물량산출	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 3차원 물량 산출시 누락, 오류 물량 직관적 검증을 통한 비용, 시간 절감 ▪ 설계 변경에 대한 물량 산출 재 작업량 감소를 통한 비용, 시간 절감 ▪ 모델링 설계 도구 마다 물량산출을 통한 내역연계는 별도의 도구 사용 ▪ 일부 골조 및 마감 물량산출 개발사례 있음
공정관리	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 뷰어(Viewer)를 통한 단순 시각화에 치중 ▪ WBS, CBS 분류체계에 의한 공정연계의 한계점 노출 ▪ NavisWorks를 통한 공정 시뮬레이션 활용이 일부 있음 ▪ Vico office를 통한 실적자료를 바탕으로 잔여공정을 예측한 사례가 있음 ▪ 실무 공정관리 활용 BIM시스템 부족
유지관리	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 시설물 3D 전환설계를 통한 기존 관리시스템에 연계한 유지관리 연계 ▪ 유지관리 대상 및 목적에 대한 중장기적인 비전 불명확성으로 인해 부분적인 활용에 국한 국내 관련 기술 개발은 미흡함

- 2013년 공공부분의 국내 소프트웨어 점유율은 32% 수준인 반면, BIM 원천기술 및 소프트웨어 기술개발은 전적으로 외산 소프트웨어에 의존하고 있는 실정임. 건설IT 및 인프라 기술(BIM포함)은 선진국 대비 약 60% 수준으로, 외산 소프트웨어에 일부 애드-온(Add-on) 프로그램을 개발하여 운영하고 있는 수준에 머물러 있음. 특히 BIM을 응용한 4D와 5D 관련 원천기술은 선진국대비 약 25% 수준에 머물러 있음
- BIM S/W를 포함한 AEC(Architectural Engineering Construction) 소프트웨어 시장은 특정 외산 S/W가 90% 이상 장악하여 특정 BIM S/W로만 정보의 공유 및 활용이 이루어져야할 종속현상이 심화되고 있는 상황임
- 최근 한국형 BIM 표준 라이브러리 개발 및 무료배포가 진행되고, 국토교통부 연구개발 사업으로 건물 골조에 특화된 BIM도구를 국산화 및 상용화하는데 성공하는 등 그동안 해외기술에 의존하던 BIM 기술을 국산화하기 위한 노력의 결과가 나타나고 있음 (한국건설신문 2016년 5월, 국토교통과학기술진흥원, 2016년 2월)
- 해외에서는 건축분야를 중심으로 BIM이 지속적으로 활용되어 왔으며, 특히 건설 분야의 선두주자인 미국의 경우에는 정부의 제도적 뒷받침과 기업들의 BIM 활용 기술력으로 2013년 기준 BIM 도입 수준이 2009년 기준 10.29에서 23.62로 4년간 두 배 이상으로 성장하고 있음 (정우영(2014) 단순화된 지표를 활용한 BIM 국가별 도입수준 및 경향분석 : 2014 BIM Forum)
- 세계적인 BIM 전문기관인 맥그로힐의 2013년 보고서에서 제시한 바와 같이 BIM 비용 투입 대비 효과에 대한 미국의 만족도는 74%에 달하였으며, 그 외 캐나다(87%), 브라질(85%), 오스트레일리아와 뉴질랜드(78%), 영국(59%)에서도 높은 만족도를 나타냄으로, 향후 BIM의 활용이 더욱 높아질 전망이다
- 해외의 경우 IPD (Integrated Project Delivery) 등 통합발주방식에 BIM기술이 접목되어 새로운 프로젝트 수행기법으로 적극 모색되고 있고 유지관리의 BIM정보 활용이 국내에 비해 더 구체적이고 실질적으로 이루어지고 있음

표 3 기술적용 대상별 국외 활용현황

구분	활용현황
설계 (모델링)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 오토데스크 (미국) 3차원 기반의 건축 설계 BIM 설계툴 개발 ▪ 벤틀리 (미국) - BIM 구현을 위한 파라메트릭 기술 구축 ▪ Graphisoft (헝가리) - 3차원 기반의 건축 설계 중심의 BIM 설계 툴 개발
시공	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 핀란드 - Vico Office 소프트웨어 - 아키캐드 기반의 시공시물레이션 툴 개발 - 공정을 연계한 시공성 검토 및 가상 시물레이션 제공
구조	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 미국 - 테클라 - 3차원 기반의 구조 모델링 툴 개발 - BIM기반의 구조해석 기능 제공 - IFC, DWG, DGN 등의 다양한 형식의 데이터 모델링 가능 - 설계부터 시공에 이르는 참여자 간의 협업 툴 제공
설비/전기	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 미국 - Archibus - CAD기반 3차원 간섭체크 기능 툴 개발 - 설비 배관 및 덕트 타입별 3차원 설계 및 시물레이션 분석 기능 - BIM기반의 설비 관련 다양한 에너지 영향 분석 기능 - 각 설비 타입별 에너지 손실을 및 설비 설계 대안 작성 기능
물량산출	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 독일 - Nemetschek 올플랜 - CAD 올플랜을 기반으로 한 견적 산출 프로그램 개발 - 3D 기반의 견적산출 기능 제공 - 복잡한 특수 구조의 건물 견적관련 업무지원 기능 - 공법기반의 견적비용 산출

○ 홍콩 MTR 프로젝트 BIM 적용사례

- MTR 프로젝트는 많은 참여자와 다중 접점을 가진 복잡한 프로젝트로 진행상의 적절한 조율을 위한 위험요소 제거가 필요하여 BIM 기술 활용
- BIM 기술을 통해 공간 간섭이나 시공상 조율 이슈 등을 처리하고 있으며 관계기관 간 협업에 활용
- 개발된 BIM 기술을 통하여 협업이나 조율 목적 이외에 가상 시물레이션, 시공성 검토 등에 활용

○ 일본 동JR(Central Japan Railway) 프로젝트 BIM 적용사례

- 대지진 복구를 위해 1,120억 달러가 투자된 프로젝트로 3D 설계지원을 위해 '3D model design support system'이 개발되었으며 civil3D, Revit structure 등이 설계를 위해 활용
- BIM 모델은 기존 선로 복구를 위해 시공기간 단축, 수량 및 견적, 대지진 복구 계획에 활용할 수 있도록 개발

-
- Civil3D와 같은 상용 모델러에서 개발된 철도모델은 일본 표준에 부합하게 디자인 되도록 별도 시스템을 통해 설계 개선, 규칙 검토 등이 가능하도록 하였으며, 산출물 등을 표준에 맞게 출력할 수 있도록 지원

○ 영국 East London 프로젝트 BIM 적용사례

- 12년 런던올림픽을 위한 철도 네트워크 확장으로 기존철도 East London Line과 연결되는 남북간 노선 확장 프로젝트에 BIM 기술을 적용
- 15개 사무소에 분산되어 있는 300명 이상의 전문가가 엔지니어링 정보의 탐색 및 검증을 빠르게 진행하여 25% 이상의 작업시간 절감
- 설계 및 시공에 BIM을 활용하고 있으나 유지보수 및 폐기 등의 생애주기 단계에서의 활용은 미흡

○ 영국 Crossrail 프로젝트 BIM 적용사례

- 가시성 있는 설계와 시공이 가능해졌으며, 복잡하고 상세한 검토와 시공성 개선을 통한 에러 감소
- 데이터 상호운용성 등을 통해 정보의 손실을 방지하고 BIM 기반 자산정보 운영과 유지단계에서 활용
- 영국 BIM 지침(BS1192)를 준용하고 협업 솔루션을 적절히 활용하여 이전보다 35% 조기 진행
- 협업 시 각 모델 파일에 대한 정합성 체크
- 설계 및 시공에 BIM을 활용하고 있으나 유지보수 및 폐기 등의 생애주기 단계에서의 활용을 구상중임

라. 국내외 BIM 연구 및 시장 현황 요약

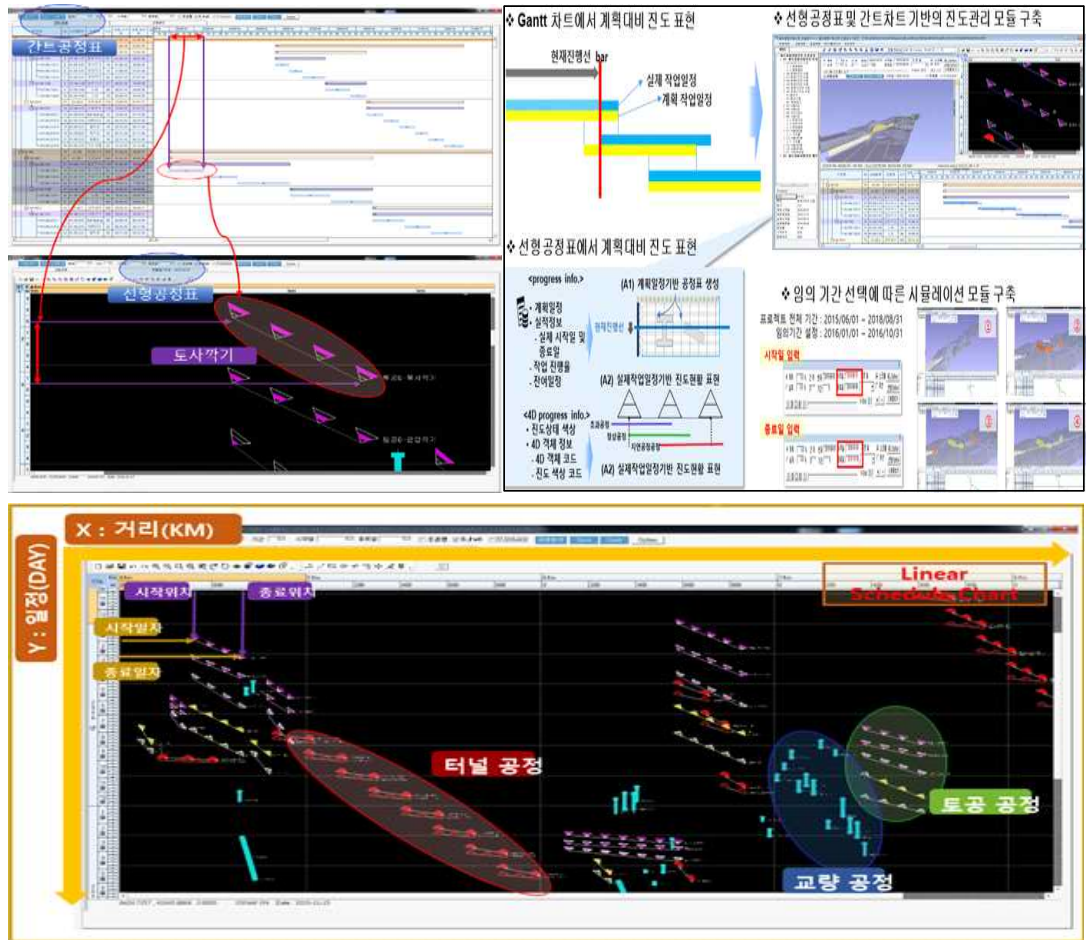
- 국내외 BIM연구와 시장 활용은 건축공사 시설물 적용 중심으로 시도되고 있고, 일부 토목공사 적용 BIM 연구들이 발표되고 있으나, 3D모델링 중심의 설계단계 응용 연구들이 대부분임
- 본 연구에서 시도하는 표준프레임워크 기반의 공정 및 사업비관리 시스템 구축은 국내외 연구와 활용 사례에서 시도된 바가 없으며, 특히 선형적으로 구성되는 철도시설에 특화된 시공단계 BIM시스템 역시 연구된 사례가 없음
- 국내외 BIM활용이 건축시설물 중심으로 운용되고 있으나, 영국에서 2016년부터 공공프로젝트 전체에 BIM도입을 의무화하고 있고, 싱가포르를 포함한 토목공사에 BIM 적용 시 30%내외의 설계비 인센티브 지급을 규정화하여 시행중에 있는 등, 건설정보 시각화라는 패러다임변화로 철도시설 BIM적용은 향후 필수적 활용 사안으로 예상되고 있음
- 해외 철도시설공사에 적용중인 BIM이 대부분 설계단계 중심의 3D모델링 작업 위주로 활용되고 있으며, 해외에서 개발된 BIM시스템에서도 시공단계 시뮬레이션에 많이 활용되는 Navisworks 역시 건축공사용으로서 광역현장과 다량의 토공작업을 포함하는 선형적 작업으로 구성되는 철도시설공사에 적용은 곤란한 기능들이므로, 본 연구에서 시도하는 철도인프라 시공단계 활용 시스템은 구축 시에 충분한 경쟁력을 갖출 것으로 기대됨

제3장. 연구 수행 내용 및 성과

■ 3세부 : BIM 기반의 철도인프라 관리 체계 구축

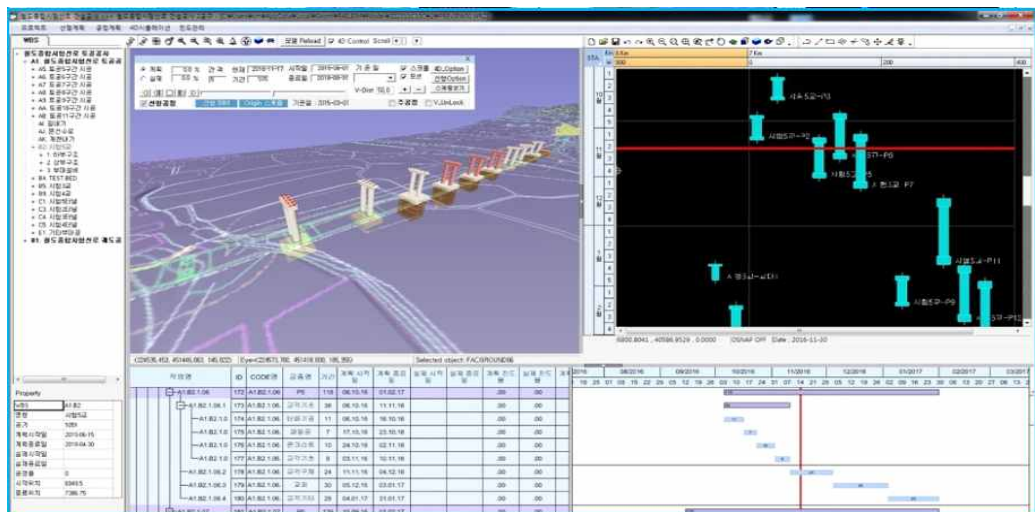
성 과 명	철도인프라 사업관리 공정관리 기술 개발
수행기관	경상대학교
정 의	BIM기반 철도인프라 특화 공정관리 기능 모듈 구성
사용주체	철도사업발주기관 (ex. 한국철도시설공단), 시공사
핵심성과 개요	<ul style="list-style-type: none"> ■ 선형공정표 기반 4D 시뮬레이션 방법론 및 시스템 개발 <ul style="list-style-type: none"> • 선형프로젝트의 공정관리가 가능한 위치기반 공정표 방법론 구축 • 선형공정표 내 주요공정에 대한 심볼 표현방식 도입 • 국내외 최초 선형공정표 기반 4D CAD 시뮬레이션 시스템 개발 ■ 철도인프라 특화 공정시뮬레이션 방법론 및 시스템 개발 <ul style="list-style-type: none"> • 철도 등 선형 프로젝트 진도관리를 위한 입력정보체계 구성 및 진도표현 방법론 구축 • 선형공정표 내 공정 진도관리 모듈 설계 • 임의 기간 및 수평작업 구간 별 공정시뮬레이션 모듈 설계 • 철도 등 선형 프로젝트 공구별 진도 현황파악을 위한 구글 맵 기반 진도관리 모듈 설계 ■ 철도인프라용 시공 및 공정관리 BIM 가이드라인 구축 <ul style="list-style-type: none"> • 발주기관용 철도인프라 시공 BIM 가이드라인 제작 • 발주기관용 철도인프라 공정관리 BIM 가이드라인 제작
핵심연구 성과	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 선형공정표 기반 4D 시뮬레이션 방법론 및 시스템 개발 <ul style="list-style-type: none"> • X축(위치), Y축(일정)으로 구성된 선형공정표 구축 • 간트차트에서 선형공정표 자동 변환 체계 구성 • 토공, 터널, 교량 등 선형공정표 내 주요 공정 Symbol에 의한 시각화 기법 구성 • 선형 4D 시뮬레이션을 위한 공정정보 입력정보체계 구성 • 선형공정표 및 간트차트 기반 4D 시뮬레이션 동시 구현 기능 개발 • WBS 코드 단계별로 4D 시뮬레이션이 가능하도록 정보구성체계 정의 • WBS 코드 기반의 간트차트, 선형공정표 및 4D 시뮬레이션 객체 연동 기능(GOTO 기능) 구축 ◆ 철도인프라 특화 공정시뮬레이션 방법론 및 시스템 개발 <ul style="list-style-type: none"> • 철도시설물에 특화된 거리단위 공정 시뮬레이션 방법론 도입 • 철도시설물의 주요 선형 작업공정인 토공, 교량, 터널 등의 선형축 기반 공정표현방법 개발 및 시스템 구성 • 선형공정표 내 표현되는 공정 Symbol에 따른 시각적인 진도표현 방법론 구성 • 간트차트 내 임의 기간에 따른 4D 시뮬레이션 기능 구축 • 선형공정표 내 X축(위치)를 선택하여 임의 거리에 따른 4D 시뮬레이션 기능 구축 • 철도 발주기관을 위한 구글 맵 기반으로 프로젝트의 노선 및 공구별, 공정별 진도현황 정보제공 기능 구성 • Startree와 WBS코드 연동에 의한 철도 시설물 공정 수준별 관리 편리성 확보 ◆ 철도인프라용 시공 및 공정관리 BIM 가이드라인 구축 <ul style="list-style-type: none"> • 실무적 활용성 확보를 위하여 발주자를 위한 내용 중심의 가이드라인 구축 • 입력정보, 시공 BIM업무, 협업관리, 필수 성과품 제출기준, LOD 등의 정의 • 실무 활용을 위하여 공정관리 BIM 발주가이드라인을 4D CAD 공정관리 운영체계를 기준으로 작성 • BIM기반 공정관리 업무 정의, 공정관리 성과품 정의, 수행결과보고서 정의 등의 내용 포함

- 철도인프라용 선형공정표 자동변환 시스템: X축에 철도시설물 공정별 거리단위를 표현하고 Y축에 공사일정 정보를 표현하여 선형축으로 진행되는 철도시설 공정을 거리단위와 일정단위별로 동시에 표현이 가능한 공정표 개발



- 철도인프라용 선형공정표기반 4D CAD 공정관리 시스템: 선형축의 거리단위와 공사일정단위로 동시에 연속 시물레이션이 가능한 4D CAD 공정시물레이션 시스템을 개발함

- 철도인프라용 선형공정표기반 진도관리 시스템: 선형 공정표 기반으로 철도시설물의 공정 진도관리 현황을 4D로 시물레이션하는 기능을 갖춘 시스템을 개발함



- **구글연동 광역 현장관리 시스템**: 구글과 연동하여 광역현장의 공구별 공정 및 진도 현황의 관리가 가능한 시스템을 개발함

❖ 구글 맵 기반의 구간 선택에 따른 시뮬레이션 모듈 구축



- **철도인프라 시공단계 BIM 발주가이드라인**: 철도시설물 시공단계의 BIM 발주를 위한 가이드라인을 협업관리 등을 포함한 시공단계 전체 가이드라인과 4D CAD공정관리 중심의 공정관리발주 가이드라인으로 구분하여 제작

철도인프라용 시공 및 공정관리 BIM 가이드라인 구축

철도인프라 시공 BIM 가이드라인
BIM Guideline for Railway Infrastructure Construction
VER 1.0 / 2019.02

철도인프라 BIM 연구단 / 경상대학교
Research Group for Railway Infrastructure BIM / Gyeongsang National University

철도인프라 공정관리 BIM 가이드라인
BIM Guideline for Schedule Management of Railway Infrastructure Project
VER 1.0 / 2019.02

철도인프라 BIM 연구단 / 경상대학교
Research Group for Railway Infrastructure BIM / Gyeongsang National University

성 과 명	철도인프라 사업관리 표준 프레임워크 개발
수행기관	(주)지오엔티
정 의	BIM 기반 철도인프라 사업관리 표준 프레임워크 개발 및 통합 구성
사용주체	철도사업발주기관 (ex. 한국철도시설공단), 시공사

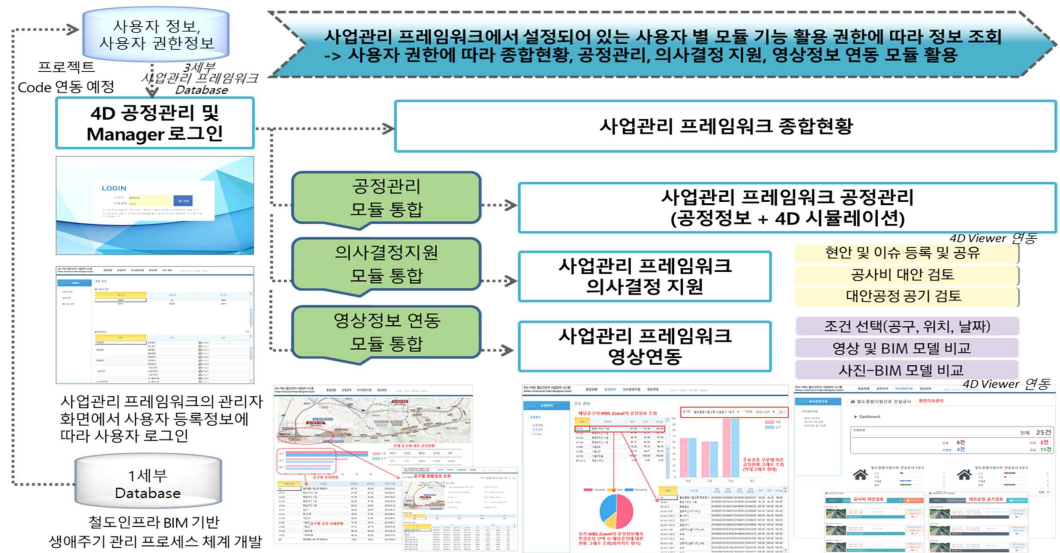
핵심성과 개요	<p>■ 철도인프라 특화 사업관리 통합 프레임워크 방법론 및 시스템 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> • 전자정부 표준 프레임워크를 활용한 사업관리 통합 프레임워크 개발 방법론 구축 • 철도시설공사에 특화된 시공관리 업무지원모듈의 프레임워크 기반 통합 구성 (프레임워크 기반 공정관리, 의사결정지원, 영상연동 모듈 통합 구축) • 발주처/공구별 사용자에게 따른 모듈의 선별적 활용 기능 구성 • 단위 및 통합시험을 통한 기능 검증 및 검증 결과보고서 작성 <p>■ BIM 기반 철도시공관리 특화 4D 시뮬레이션 시스템 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> • WBS 코드 중심의 공정계획 및 진도정보 관리기능 개발 • IFC 모델 형상/속성 정보 조회를 위한 BIM 모델 Viewer 및 BIM 모델 통합링크 기능 개발 • 공정정보에 따른 간트공정표 및 선형공정표 작성기능 개발 • 간트공정표 및 선형공정표 연계 4D 시뮬레이션 기능 개발 • 단위 및 통합시험을 통한 기능 검증 및 검증 결과보고서 작성 <p>■ 프레임워크 활용 및 개발 가이드 작성</p> <ul style="list-style-type: none"> • 프레임워크 기반 모듈 통합성 및 일관성 확보를 위한 개발 가이드 작성 • 전자정부 표준 프레임워크 가이드의 화면 및 데이터 처리 부문 중점 검토/반영 • 프레임워크 개발환경, API 활용, 화면개발 가이드로 구성
------------	--

핵심연구 성과	<p>◆ 철도인프라 특화 사업관리 통합 프레임워크 방법론 및 시스템 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> • 전자정부 표준 프레임워크 기반의 개발 Architecture 및 개발 Platform 수립 (웹기반의 사업관리 통합 프레임워크, C/S 기반의 4D 공정관리 시스템으로 구분) • 철도시설공사에 특화된 시공관리 업무지원모듈(BIM 기반 공정관리 모듈, 의사결정 지원 모듈, 영상정보 연동 모듈)을 프레임워크 기반으로 통합 구축 • 종합현황, 공정관리, 의사결정 지원, 영상정보 연동, 시스템 관리 기능으로 구성 • 발주처 및 공구별 사용자에게 대하여 필요한 기능을 선별적으로 활용할 수 있도록 구성 • 프로젝트 전체 또는 공구별 공정현황의 종합적 분석정보 조회 기능 개발 • 공구 선택에 따른 공정계획, 진도정보 조회 및 4D 시뮬레이션 기능 통합 개발 • 프레임워크를 통한 BIM 기반의 현안이슈 관리, 공사비 대안 및 대안공정 공기 검토 기능 통합 개발 • 프레임워크를 통한 BIM 기반의 영상정보 연동 기능 통합 개발 • 프레임워크 기반으로 4D Viewer가 각 모듈별로 공통적으로 활용되도록 구성 • BIM 기반 생애주기 관리프로세스 통합시스템(1세부)과 프로젝트 코드 인터페이스 개발 • Testbed 데이터를 활용한 단위 및 통합시험을 통해 기능 검증 및 검증 결과보고서 작성 <p>◆ BIM 기반 철도시공관리 특화 4D 시뮬레이션 시스템 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> • 프로젝트 관리, WBS 기반 공정정보 관리, BIM 모델 조회, 4D 모델 생성, 4D 시뮬레이션, 진도관리 기능으로 구성 • IFC 모델 형상/속성 정보 조회를 위한 BIM 모델 Viewer 개발 • WBS 코드 중심의 공정정보 및 BIM 모델 통합링크/관리기능 개발 • WBS별 공정계획 및 작업위치, 선형공정 Symbol, 4D 모델 관리를 위한 공정계획 관리 기능 개발 • 공정정보(계획/실적) 작성에 따른 간트공정표 및 선형공정표 작성기능 개발 (철도시설공사 등 광역현장의 공정관리업무에 특화된 선형공정표 작성기능 개발) • 간트공정표 연계 4D 시뮬레이션을 통한 4D 계획 및 진도시뮬레이션 기능 개발 • 철도시설공사에 특화된 선형공정표 연계 4D 시뮬레이션 기능 개발 (WBS 코드 중심의 공정정보, 공정별 위치정보, 공정 Symbol, BIM 모델 통합링크 정보 반영 → 3세부 경상대학교의 선형공정표 기반 4D 시뮬레이션 방법론 반영) • 임의구간/임의기간에 대한 4D 시뮬레이션 기능 개발 • 철도시설공사 등 광역현장에 활용 용이한 GIS 기반 공정현황 조회 기능 개발 • Testbed 데이터를 활용한 단위 및 통합시험을 통해 기능 검증 및 검증 결과보고서 작성
------------	--

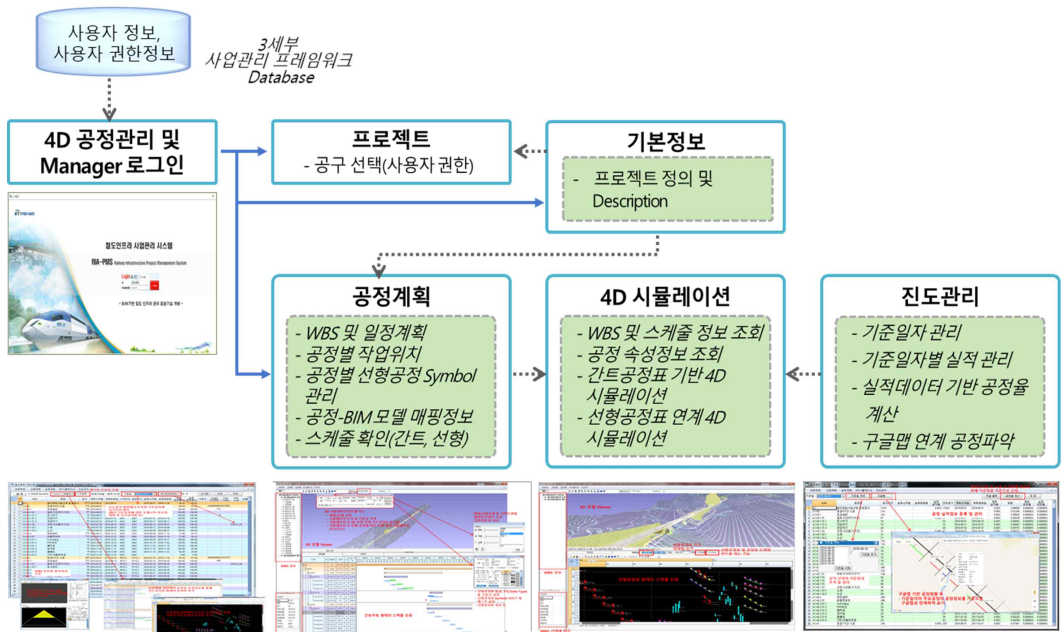
◆ 프레임워크 활용 및 개발 가이드라인 구축

- 프레임워크 기반의 모듈 통합성 및 생산성 향상, 운용성 지원을 위한 가이드라인 작성
- 전자정부 표준프레임워크 가이드의 화면 및 데이터 처리 부문을 중점 검토하여 반영
- 사업관리 표준프레임워크 개발환경, 사업관리 표준프레임워크 API 활용 개발, 사업관리 표준프레임워크 화면 개발 가이드 내용으로 구성
- 개발환경은 개발자 개발환경과 서버 개발환경으로 구분 작성
- API 활용 및 화면 개발은 프레임워크 기반의 모듈 통합 시 참조해야 하는 사항, 화면 및 데이터 처리 부문을 중점적으로 검토하여 가이드에 반영

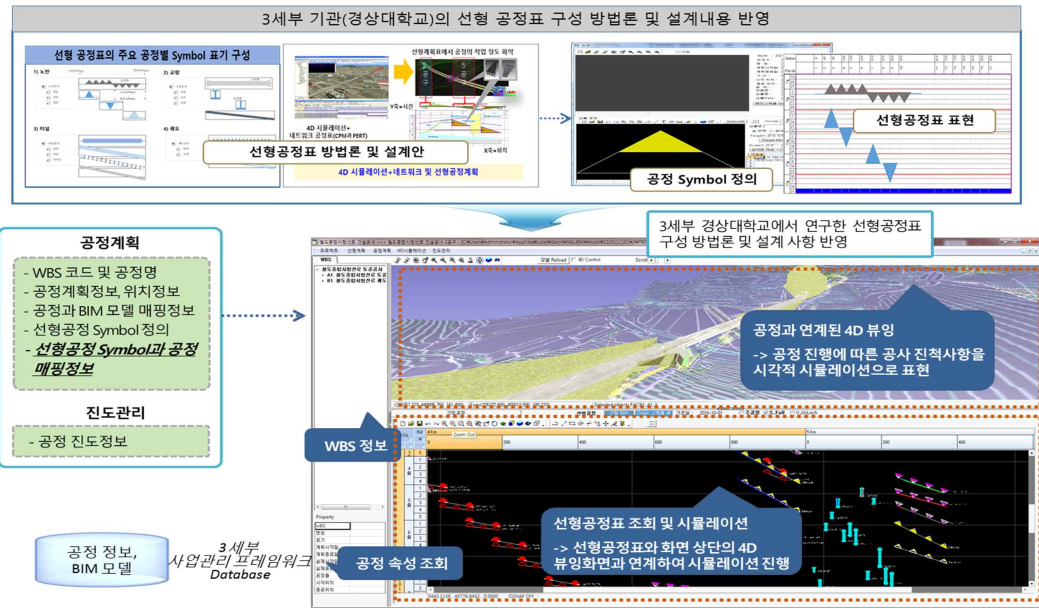
■ 철도인프라 사업관리 통합 프레임워크: 철도시설공사에 특화된 시공관리 업무지원모듈 (BIM 기반 공정관리 모듈, BIM 기반 의사결정 지원 모듈, BIM 기반 영상정보 연동 모듈)을 전자정부 표준 프레임워크 기반으로 통합 개발함으로써 사용자가 필요한 모듈 및 기능을 선별적으로 활용할 수 있도록 함.



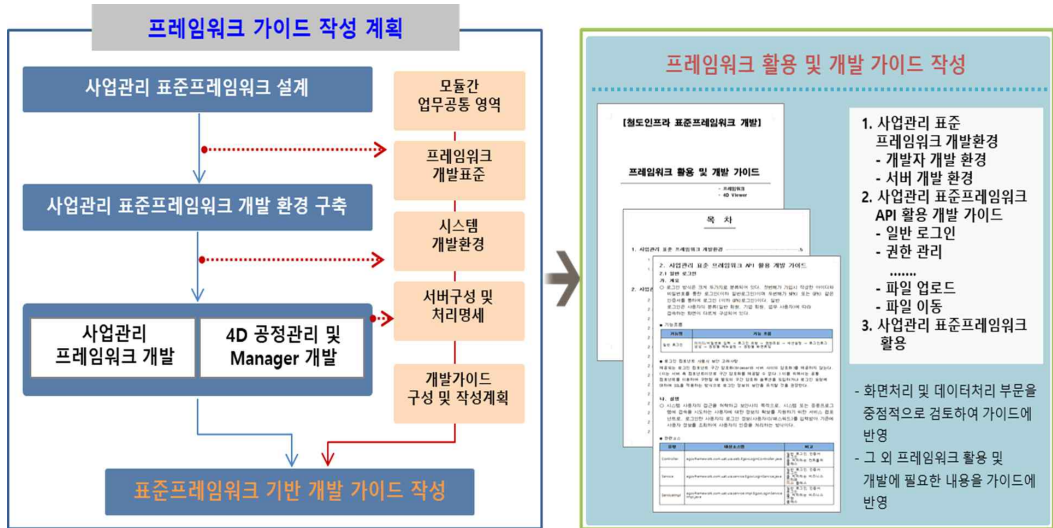
■ BIM 기반 철도시공관리 4D 시뮬레이션 시스템(4D 공정관리 및 Manager): 철도시설공사에 대하여 BIM 기반의 공정정보를 시설 및 부위별로 일괄적으로 표현할 수 있으며, 시각화 기반으로 계획된 일정 및 진도체크를 효율적으로 수행할 수 있도록 4D 시뮬레이션 시스템을 개발함.



특히, 철도시설공사의 공정관리에 특화된 선형공정 연계 4D 시뮬레이션 기능을 통해 공정을 공간과 시간개념의 복합적이고 횡적인 구조로 공정표를 표현하고 이를 4D와 연계함으로써 광역현장 선형시설물의 공정관리를 보다 효율적으로 수행할 수 있도록 개발함.



■ 프레임워크 활용 및 개발 가이드: 철도인프라 사업관리 표준 프레임워크의 개발 환경적 요소 및 API 등에 대하여 전자정부 표준 프레임워크의 화면 및 데이터 처리부분을 중점 검토하여 프레임워크 활용 및 개발 가이드라인을 작성함. 이를 통해 개발의 안정성 및 생산성을 높이고 또한, 프레임워크 기반의 효율적인 모듈 통합구현 및 운용성 지원을 수행할 수 있도록 함.



성 과 명	철도 인프라 사업을 위한 BIM 기반의 의사결정 지원 기술 개발
수행기관	(주)두울테크
정 의	BIM 기반의 의사결정 지원 모듈 개발
사용주체	철도 사업발주기관(ex. 한국철도시설공단), 시공사

핵심성과 개요	<p>■ BIM 기반 의사결정 지원모듈 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> • 다수의 사업 참여기간 간 협업 및 이슈관리 방법론 구축 • BIM기반의 철도 인프라 협업관리를 위한 프로세스 설계 • 철도 인프라 표준 프레임워크의 4D뷰어 아키텍처와 사업관리 표준 API를 통한 모듈 개발 • BIM 기반 이슈관리 모듈 개발을 위한 논리 데이터 구조모델과 관련 데이터베이스를 제시 <p>■ 현장 정보 및 작업환경을 반영한 공정별 공사기간 예측 모듈</p> <ul style="list-style-type: none"> • 시공단계 철도인프라 사업 참여자 간 공정지연 발생에 대한 현안에 대한 신속한 이슈 전달 및 공유기능과 검토 관리하는 기능 개발 • 철도 인프라 시공단계에서 자주 발생하는 설계변경 및 일정변경 체계적 관리 모듈 개발 • 일반적인 시공현장 데이터 수집외 BIM 뷰어를 통해 시각적 의사결정 지원을 위한 뷰어 기능 개발 • 철도공사 공정 공기 산정 모듈 개발 • 설계 변경에 따른 개략 공사비 추정 모듈 개발 • 시공대안에 대한 의사결정 모듈 개발 <p>■ 의사결정 지원 모듈 활용 가이드라인 작성</p> <ul style="list-style-type: none"> • 철도 사업을 위한 BIM 기반의 의사결정 지원모듈 활용 가이드라인 작성 • 철도공사 고정공기산정 모듈 활용 가이드 라인 작성 • 설계 변경에 대한 개략 공사비 추정 모듈 활용 가이드라인 작성 • 시공대안에 대한 의사결정 모듈 가이드라인 작성
------------	--

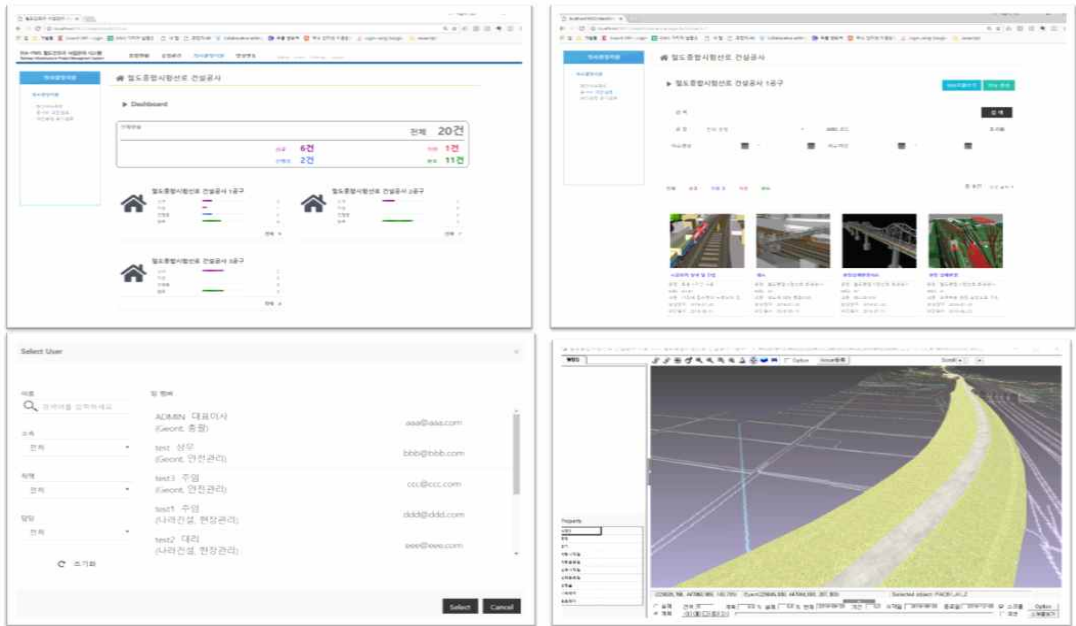
핵심연구 성과	<p>◆ BIM 기반 의사결정 지원모듈 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> • 등록된 현안이슈에 대한 전체관리(Dashboard) 및 공구별로 현안이슈관리(공구별 현안이슈 List View)를 할 수 있도록 설계 • 참여기간 간 현안이슈의 상태(전체, 신규, 진행 중, 지연, 종료)에 따라 분류하여 관리할 수 있도록 구성 • 현안 이슈를 쉽게 생성하고 관리 할 수 있는 사용자 중심의 UI설계 • 참여자간 현안인수를 공유할 수 있도록 개발 • 해당 이슈에 대한 관련 이미지/문서를 첨부 할 수 있는 기능 구성 • 이슈와 연계된 BIM 모델을 확인 할 수 있는 BIM 모델 Viewer 기능 <p>◆ 현장 정보 및 작업환경을 반영한 공정별 공사기간 예측 모듈</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 터널, 교량 공사비 대안검토 현황 <ul style="list-style-type: none"> • 공사비 대안검토 현황을 전체 또는 세부적으로 확인할 수 있는 View를 제공 • 공사비 대안검토를 쉽게 생성하고 관리 할 수 있는 사용자 중심의 UI설계 • BIM 기반 공사비 추정 알고리즘 및 설계변경 모듈 구현 • 공정별 공사기간 예측 모듈과 연계된 BIM 모델을 확인 할 수 있는 BIM 모델 Viewer 기능 • 참여자간 공사비 대안 검토를 공유할 수 있도록 개발 2. 대안공정 공기검토 <ul style="list-style-type: none"> • 대안공정 공기검토에 대한 전체 또는 세부적으로 확인할 수 있는 View를 제공 • 대안공정 공기검토를 쉽게 생성하고 관리 할 수 있는 사용자 중심의 UI설계 • 원안공정에 대한 CP List와 대안공정에 대한 CP List를 비교/분석 하는 모듈 rockf <ul style="list-style-type: none"> • 원안공정을 분석하여 간트차트로 연동하는 기능 구현 3. 설계변경안 사전검토 <ul style="list-style-type: none"> • BIM 기반의 관리시스템으로 실 데이터 활용방안 구현 • 이해관계자(시공사, 감리단, 발주처, 기설검토, 원설계사) 양방향 실시간 협업기능 구현 • 설계변경 승인요청까지의 이해관계자 협업 이력관리 기능 구현
------------	---

◆ 의사결정 지원 모듈 활용 가이드라인 작성

- BIM 기반의 의사결정 지원모듈 활용 방안 제시
- 최적 공정 정보 및 시공순서 정보를 바탕으로 한 의사결정 모듈 활용 가이드라인 구축

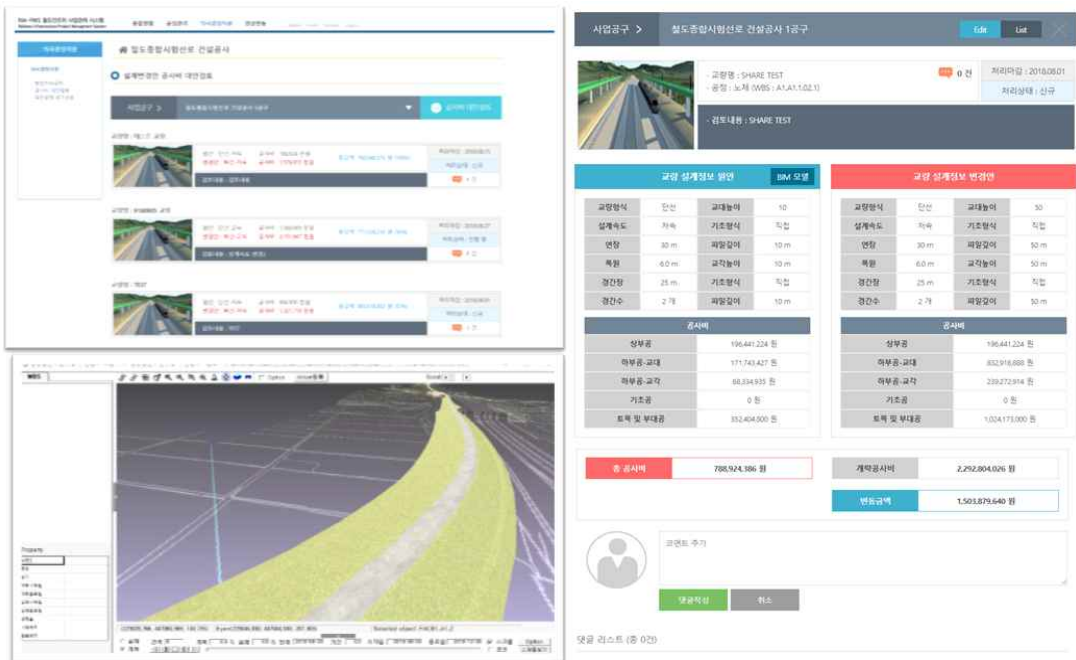
■ BIM 기반 의사결정 지원모듈 개발

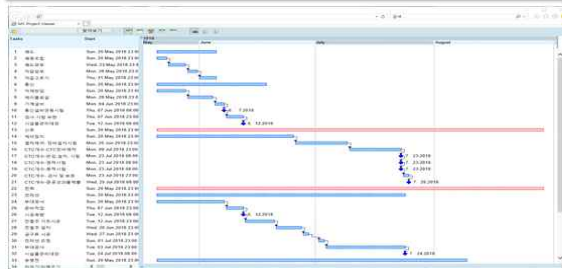
- 철도 인프라 시공 참여자간 협업관리 기능에 대한 분석을 통해 협업구성에 필요한 기능을 구성하고 협업관리를 위한 프로세스를 제시함으로써 시공현장 데이터 기반의 의사결정 기능을 할 수 있도록 프로세스 개발



■ 현장 정보 및 작업환경을 반영한 공정별 공사기간 예측 모듈

- 시공 단계에서 빈번히 발생하는 설계변경 및 일정변경을 체계적으로 관리하고 향후 유사 이슈가 발생될 때 레퍼런스가 되기 위한 이력에 대한 검토 기능 및 사전 처리 결과와의 링크를 통해 의사결정을 지원 할 수 있는 기능 개발





다년 설계변경안 공사의 대안검토

사업구구 > 서울 - 인천간 제 3 터널 공사

1. 터널명 : 시험 제 3 터널
 원안 : 단선-교각 공사에 966,339 원정
 변경안 : 복선-교각 공사에 1,932,832 원정
 증감액 : + 966,493 원(1%)
 제외대상 : 제외
 검토내용 : 복선 복사로 설계 변경 시 설계 변경에 대한 공사비 반영에 대한 검토

2. 터널명 : 시험 제 3 터널
 원안 : 단선-교각 공사에 966,339 원정
 변경안 : 복선-교각 공사에 1,932,832 원정
 증감액 : + 966,493 원(1%)
 제외대상 : 제외
 검토내용 : 복선 복사로 설계 변경 시 설계 변경에 대한 공사비 반영에 대한 검토

3. 터널명 : 시험 제 3 터널
 원안 : 단선-교각 공사에 966,339 원정
 변경안 : 복선-교각 공사에 1,932,832 원정
 증감액 : + 966,493 원(1%)
 제외대상 : 제외
 검토내용 : 복선 복사로 설계 변경 시 설계 변경에 대한 공사비 반영에 대한 검토

4. 터널명 : 시험 제 3 터널
 원안 : 단선-교각 공사에 966,339 원정
 변경안 : 복선-교각 공사에 1,932,832 원정
 증감액 : + 966,493 원(1%)
 제외대상 : 제외
 검토내용 : 복선 복사로 설계 변경 시 설계 변경에 대한 공사비 반영에 대한 검토

사업구구 > 철도중앙선철도 건설공사 1구구

원안총용 공가 1447억
 대안총용 공가 2447억

대안총용 공가 3442억
 대안총용 내용 SHARE237

CP 리스트 보기

원안 CP 리스트 대안 CP 리스트

항목	기간	사적일	총용일
신호	274	2018-07-26 06:00:00	2019-04-26 17:00:00
신호	1022	2018-07-26 06:00:00	2021-05-11 17:00:00
전력	153	2018-10-01 06:00:00	2019-03-05 17:00:00

댓글 리스트 (총 1건)

ADMIN | ssk@ssk.com | 수정 | 삭제 | 2018-05-29

사업구구 > 철도중앙선철도 건설공사 2구구

터널명 : 제 3 터널
 유형 : 복선(교각)용 (MS : 서501)교각

검토내용 : 터널 복사로 설계 변경 시 설계 변경에 대한 공사비 반영에 대한 검토

NATM 공사구구

구구명	구구번호	구구명	구구번호	구구명	구구번호
터널	1	터널	2	터널	3
터널	4	터널	5	터널	6
터널	7	터널	8	터널	9
터널	10	터널	11	터널	12
터널	13	터널	14	터널	15
터널	16	터널	17	터널	18
터널	19	터널	20	터널	21
터널	22	터널	23	터널	24
터널	25	터널	26	터널	27
터널	28	터널	29	터널	30
터널	31	터널	32	터널	33
터널	34	터널	35	터널	36
터널	37	터널	38	터널	39
터널	40	터널	41	터널	42
터널	43	터널	44	터널	45
터널	46	터널	47	터널	48
터널	49	터널	50	터널	51
터널	52	터널	53	터널	54
터널	55	터널	56	터널	57
터널	58	터널	59	터널	60
터널	61	터널	62	터널	63
터널	64	터널	65	터널	66
터널	67	터널	68	터널	69
터널	70	터널	71	터널	72
터널	73	터널	74	터널	75
터널	76	터널	77	터널	78
터널	79	터널	80	터널	81
터널	82	터널	83	터널	84
터널	85	터널	86	터널	87
터널	88	터널	89	터널	90
터널	91	터널	92	터널	93
터널	94	터널	95	터널	96
터널	97	터널	98	터널	99
터널	100	터널	101	터널	102
터널	103	터널	104	터널	105
터널	106	터널	107	터널	108
터널	109	터널	110	터널	111
터널	112	터널	113	터널	114
터널	115	터널	116	터널	117
터널	118	터널	119	터널	120
터널	121	터널	122	터널	123
터널	124	터널	125	터널	126
터널	127	터널	128	터널	129
터널	130	터널	131	터널	132
터널	133	터널	134	터널	135
터널	136	터널	137	터널	138
터널	139	터널	140	터널	141
터널	142	터널	143	터널	144
터널	145	터널	146	터널	147
터널	148	터널	149	터널	150
터널	151	터널	152	터널	153
터널	154	터널	155	터널	156
터널	157	터널	158	터널	159
터널	160	터널	161	터널	162
터널	163	터널	164	터널	165
터널	166	터널	167	터널	168
터널	169	터널	170	터널	171
터널	172	터널	173	터널	174
터널	175	터널	176	터널	177
터널	178	터널	179	터널	180
터널	181	터널	182	터널	183
터널	184	터널	185	터널	186
터널	187	터널	188	터널	189
터널	190	터널	191	터널	192
터널	193	터널	194	터널	195
터널	196	터널	197	터널	198
터널	199	터널	200	터널	201
터널	202	터널	203	터널	204
터널	205	터널	206	터널	207
터널	208	터널	209	터널	210
터널	211	터널	212	터널	213
터널	214	터널	215	터널	216
터널	217	터널	218	터널	219
터널	220	터널	221	터널	222
터널	223	터널	224	터널	225
터널	226	터널	227	터널	228
터널	229	터널	230	터널	231
터널	232	터널	233	터널	234
터널	235	터널	236	터널	237
터널	238	터널	239	터널	240
터널	241	터널	242	터널	243
터널	244	터널	245	터널	246
터널	247	터널	248	터널	249
터널	250	터널	251	터널	252
터널	253	터널	254	터널	255
터널	256	터널	257	터널	258
터널	259	터널	260	터널	261
터널	262	터널	263	터널	264
터널	265	터널	266	터널	267
터널	268	터널	269	터널	270
터널	271	터널	272	터널	273
터널	274	터널	275	터널	276
터널	277	터널	278	터널	279
터널	280	터널	281	터널	282
터널	283	터널	284	터널	285
터널	286	터널	287	터널	288
터널	289	터널	290	터널	291
터널	292	터널	293	터널	294
터널	295	터널	296	터널	297
터널	298	터널	299	터널	300

■ 의사결정 지원 모듈 활용 가이드라인 작성

- BIM 기반 의사결정 지원모듈, 현장 정보 및 작업환경을 반영한 공정별 공사기간 예측(터널, 교량 공사비 대안검토 현황, 대안공정 공기검토,설계변경안 사전검토) 시스템 분석을 통해 철도인프라 사업 참여자 간의 최적의 의사결정 모듈 활용 가이드라인 제공

참여기관 간 현안 이슈관리 모듈 개발

- 철도 인프라 사업참여기관 간 공정지연 등 시공 현안 이슈관리 모듈 개발
- 설계변경 및 일정변경에 따른 변경이력관리 모듈 개발



의사결정 지원 모듈 활용 가이드라인 작성

- 최적공정 정보 및 시공순서 정보를 바탕으로 한 의사결정 모듈 활용 가이드라인 작성



경여기관 간 현안 이슈관리 모듈 개발

- 철도 인프라 사업 참여기관 간 공정지연 등 시공 현안 이슈관리 모듈 개발
- 설계변경 및 일정변경에 따른 변경이력관리 모듈 개발

의사결정 지원 모듈 활용 가이드라인 작성

- 최적공정 정보 및 시공순서 정보를 바탕으로 한 의사결정 모듈 활용 가이드라인 작성

모듈 별 단위테스트 및 시범적용을 위한 Test bed 지원



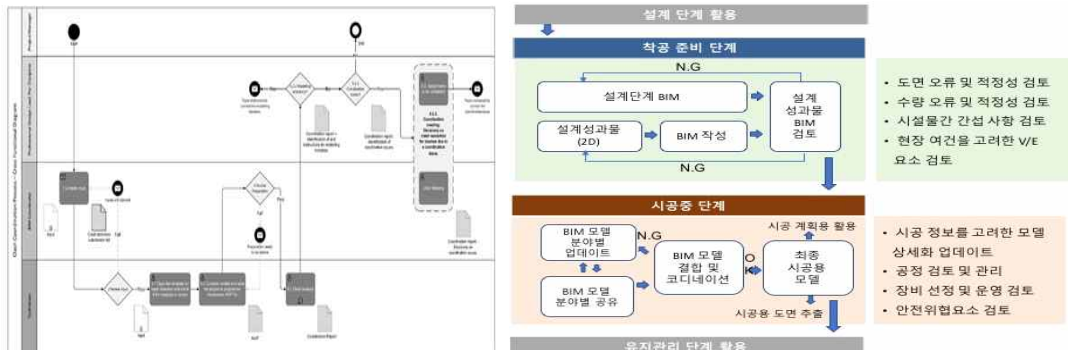
시공단계 협업가능 검증

- 시공단계 대한 선증을 위한 협업가능 검증

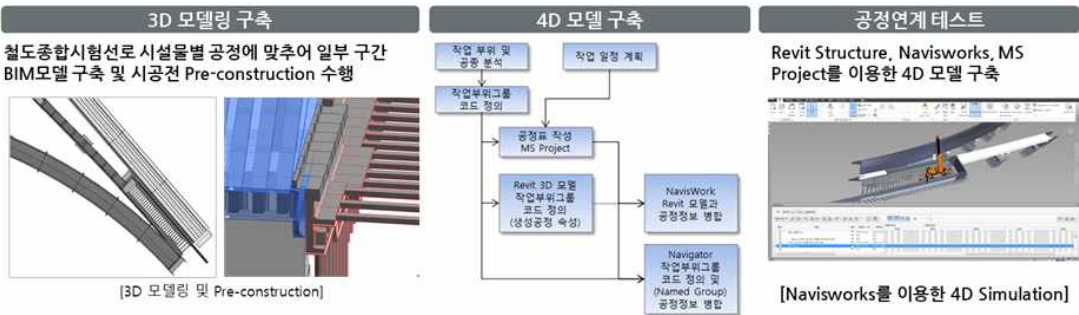
성 과 명	철도 인프라 BIM 기반 사업관리 운영체계 Test Bed
수행기관	GS건설(주)
정 의	철도 인프라 BIM 기반 사업관리 운영체계 검증을 위한 실 철도현장 시범적용
사용주체	철도사업발주기관 (ex. 한국철도시설공단), 시공사
핵심성과 개요	<ul style="list-style-type: none"> ■ 철도 인프라 시설물별 공종 및 공종별 세부업무 정의 <ul style="list-style-type: none"> • 4D 기반 사업관리를 위한 업무 정의 • 철도 인프라 시공단계 활용을 위한 3D BIM 기반 공사의 수행일정 연계(4D) ■ 철도 인프라 BIM Process 및 4D 기반 정보체계 구성 <ul style="list-style-type: none"> • 철도 시공 BIM Requirement 분석 및 BIM Process 정립 • Test Bed 적용을 위한 기본 개념 정립 및 시범적용 준비 • Test Bed 기본객체 3D 모델링 구축 및 공정 연계 테스트 ■ Test Bed 시범적용 <ul style="list-style-type: none"> • 사업관리 운영체계 Test Bed 시범적용 방안 수립 • Test Bed 기본객체 4D 구축 및 테스트 • 공종별 운영체계 적용효과 분석 ■ Test Bed 시범적용 효과분석 <ul style="list-style-type: none"> • Test Bed 기본객체 공종별 3D/4D 통합 구현 • 실제 현장 Test Bed 시범적용 효과 비교 및 종합평가 • 사업관리 운영체계 수정보완
핵심연구 성과	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 철도 인프라 시설물별 공종 및 공종별 세부업무 정의 <ul style="list-style-type: none"> • 철도 인프라 시설물별(노반/궤도/전력/통신/신호) 공종 및 공종별 세부업무 정의서 작성 • 4D 공사 수행관리 체계 구축을 위한 작업분류 체계 및 Activity 정의 ◆ 철도 인프라 BIM Process 및 4D 기반 정보체계 구성 <ul style="list-style-type: none"> • 해외철도 BIM Requirement 분석 및 실제 철도 인프라 현장 여건을 고려한 시공 BIM Process 구축 • WBS 코드 중심의 3D 모델과 Activity 단위의 공정 연계를 통한 4D BIM 정보체계 구성 • Test Bed 기본객체 3D/4D 모델 구축 및 4D BIM 정보체계를 활용한 공정연계테스트 ◆ Test Bed 시범적용 <ul style="list-style-type: none"> • 철도 시공 BIM Process의 실 철도현장 적용성 분석 및 수정보완 • 실제 철도현장 기반의 공정 및 사업비 구성 체계 검토 • 현장 BIM 실용화를 위한 요건 분석 및 실무자 Needs가 반영된 실용화 체크리스트 구성 • 실제 현장 Test Bed 분야별 BIM 모델링(노반, 교량, 터널, 전철 전력, 신호 및 통신) 및 4D 구축 • BIM 적용성 검토(모델과 설계도면 비교, 작업성 검토, 설계수량 오류검토, BIM 산출수량 적정성 검토, 장비 시뮬레이션 등) ◆ Test Bed 시범적용 효과 분석 <ul style="list-style-type: none"> • 사업관리 표준 프레임워크의 Input 및 4D 모델 작성, 4D 시뮬레이션, 협업, 3D Model View, 영상연동, Output 기능 분석 • BIM모델 IFC 변환, IFC 뷰어 활용, 4D Simulation 수행, 영상연동 모듈 활용을 통한 사업 관리 표준 프레임워크 Test Bed 시범 적용 • 실제현장 Test Bed 적용에 따른 운영체계 검토용 Needs 및 체크리스트 작성 • 실제현장 Test Bed 적용을 통한 운영체계 검토 수행 • 실제현장 Test Bed 적용을 통한 운영체계 수정보완 및 효과 검증 • 실제현장 Test Bed 적용에 따른 Benefit/Cost Ratio 산출을 통한 ROI 분석 수행
	<ul style="list-style-type: none"> ■ 철도 인프라 시설물별 공종 및 공종별 세부업무 정의서 : 철도시설공단 업무분류체계 (WBS)와 소공종별 단위업무(Activity)연계를 통한 4D기반 공사 수행관리 체계 구축



■ 철도 시공 BIM Process : 기존 국외 철도 프로젝트의 BIM Requirement 분석을 통해 철도 시공에 적합한 BIM Process 정립



■ 4D모델 구축 및 공정연계: 작업부위 공종에 대한 코드정의 및 공정데이터 매칭을 통한 4D 모델구축 및 공정연계 테스트



■ Test Bed 적용 준비: 현장 BIM 실용화를 위한 요건 분석 및 실무자 Needs가 반영된 실용화 체크리스트 구성

전략 Strategy	현장 조직 Structure	인적자원 People	프로세스 Process	기술 Technology
별주처 기준	PM	현장 실용화	구축 수행절차	BIM SW 선정
수행 범위	공무팀	본사 지원	Coordi. 계획	도면수용 평안
수행 경험	설계팀	협력 업체	품질검토 계획	수용수용 평안
수행 기간	공시팀	장비 전문가	Clash 검토절차	해석연계 평안
적용 아이템	안전팀	BIM 교육	수행결과 기록	Add-in Program
수행 예산	품질팀	BIM 경력관리	수행 평가	Reality Modeling

구분	실용화 체크리스트	확인
BIM 수행 여부 판단	<ul style="list-style-type: none"> 수행 여부 결정에 참여할 내부 조직은 준비 되었는가? 수행 여부 판단 기준 및 절차는 마련되었는가? 적용 효과를 검증할 자원은 준비되었는가? 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ ✓ ✓
BIM 수행 계획 수립	<ul style="list-style-type: none"> BIM 수행 계획서의 구성 및 작성 가이드 BIM 적용 이의의 선정 Coordination 계획 수립 방법 BIM 전도 외주업체 선정 절차 및 방법 BIM 수행기간 선정 BIM 수행 스토트웨어 선정 3D Model의 수행 평가 및 방법 3D Model의 품질 검토 방법 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓
BIM 수행 및 품질 관리	<ul style="list-style-type: none"> Clash 검토 절차 및 방법 수용 수용 절차 및 방법 4D/5D 모델 작성 절차 및 방법 2D 도면 추출 및 도면화 절차 및 방법 수행 결과 보고 및 방법 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ ✓ ✓ ✓ ✓

구분	실용화 체크리스트	확인
BIM 수행 성과 평가 및 피드백	<ul style="list-style-type: none"> BIM 수행 성과 기록 및 관리 절차 BIM 수행 성과 평가 및 방법 BIM 적용의 목표달성 여부 평가 분업별 BIM 연계 실적을 지원하는 리이브러리를 제공하는가? 지형데이터의 입력과 작업이 가능한가? BIM 작업의 속성입력이 가능한가? 개방형 BIM 표준을 지원하는가? 객체로부터 수량산출이 가능한가? 모델링 후 관련 문서를 작성할 수 있는가? 구조에서 프로그래밍의 연계 가능한가? 설계 방법을 지원할 수 있는 Add-in 프로그램의 특성상 용이한가? 협업설계를 지원하는가? 국내 특목 설계기준을 만족하는 설계 툴을 제공하는가? 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓

■ **실제현장 Test Bed 적용:** 실제 철도현장을 대상으로 분야별 3D/4D BIM 모델을 구축하고, 공종별 운용체계 적용효과 분석



■ **Test Bed 시범적용 효과분석:** BIM모델 IFC 변환, IFC 뷰어 활용, 4D Simulation 수행, 영상연동 모듈 활용 등을 통한 사업관리 표준 프레임워크 시범적용 효과분석, 사업관리운영 체계 개선방안 도출 및 수정보완, ROI 분석

기존방식의 철도인프라 BIM

→ 신시상계 도면분석, 공정데이터 분석, 내역데이터 분석

→ 3D, 4D 구축을 위한 정보 구성

→ 3D 모델 구축 → 현장적용

→ 4D 모델 구축 → 현장적용

→ 기존방식 적용효과 분석

사업관리 표준 프레임워크 기반 철도인프라 BIM

→ 사업관리 표준 Framework 적용

→ 3D 모델, 4D 모델, CS 기반 시각화

→ 공정 권리모형, 의사결정 지원 모듈, 영상정보 연동모형

→ 현장적용 ROI분석

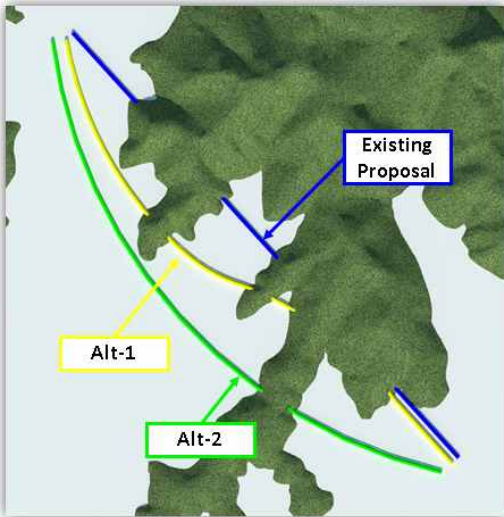
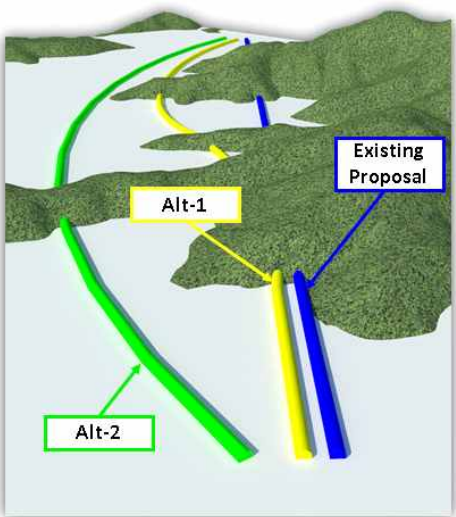
→ BIM기반 사업관리체계 적용효과 분석

구분	구분	구분	구분	구분	구분	구분	구분
구분	구분	구분	구분	구분	구분	구분	구분
구분	구분	구분	구분	구분	구분	구분	구분







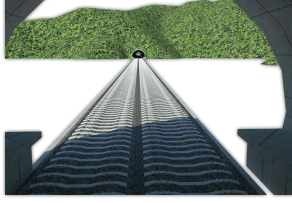
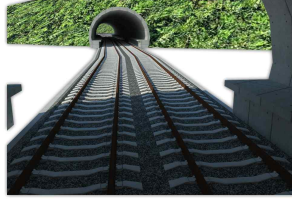
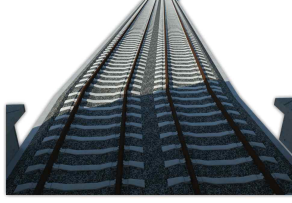

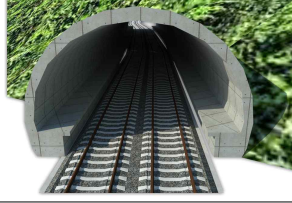
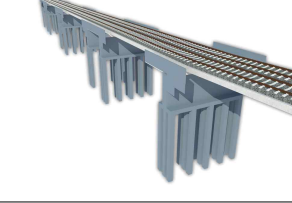
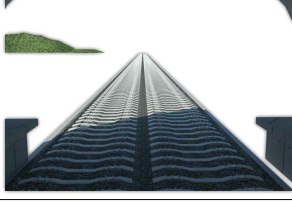
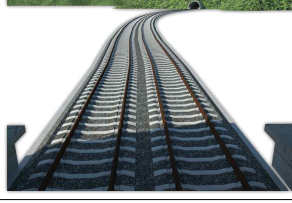
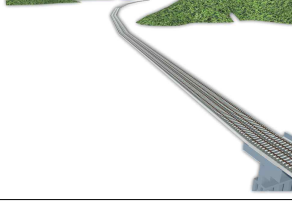


성 과 명	철도시설 공정별 공사기간 예측 알고리즘 및 전산프로그램 개발
수행기관	서울시립대학교 산학협력단
정 의	실시간 현장정보를 기반으로 철도공사 공사기간을 예측할 수 있는 전산프로그램 개발
사용주체	철도사업발주기관 (ex. 한국철도시설공단), 시공사, 설계사

핵심성과 개요	<ul style="list-style-type: none"> ■ 철도공사 가상프로젝트 공사기간 예측 알고리즘 개발 <ul style="list-style-type: none"> • 철도공사 가상프로젝트 기준정보 및 대안공정 개발 • 철도공사 가상프로젝트 BIM 모델 구축 • 철도공사 대안 공정 공기산정 알고리즘 개발 ■ 철도공사 공정별 공사기간 예측 전산 프로그램 개발 <ul style="list-style-type: none"> • 철도공사 공기에측 알고리즘 보완 프로세스 개발 • 철도공사 BIM모델-공정정보 연계모듈 개발 • 철도공사 공기에측 전산 프로그램 구축
------------	--

핵심연구 성과	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 철도공사 가상프로젝트 공사기간 예측 알고리즘 개발 <ul style="list-style-type: none"> • 가상프로젝트의 기준정보는 GS건설 오송시험선의 WBS를 기반으로 제시 • 노반공사의 토공부, 교량부, 터널부를 대안공정으로 분석 • 철도공사의 대안은 노반공사에서의 토공, 교량, 터널 구간으로 도출 • 철도시설 요소정보 및 프로젝트 데이터 분석(IFC 데이터 분석)을 실시 • 현장 특성 및 계약 조건 등 다양한 프로젝트 데이터 분석을 실시 • Activity 그룹 분류를 통해 대안 공정의 공기산정 정보체계를 구축 • 철도시설 요소정보의 세부 분석을 통해 물량, 재료, 공간 데이터를 추출 • 표준품셈 기반의 생산성 지수를 기반으로 Activity Duration을 산출 • Activity간 선후행 관계 등 공정정보를 반영하여 전체 대안별 공사기간을 산출 ◆ 철도공사 공정별 공사기간 예측 전산 프로그램 개발 <ul style="list-style-type: none"> • 장비 및 인원에 대한 자원할당의 적정성 검토 • WBS의 추가/삭제/수정, 선/후행 관계 규칙의 보완 • Activity 분류, 자원할당 정보를 참조, Activity 별 작업 기간 산정을 통해 Data 확보 • 표준품셈의 최소 자원할당 정보, 생산성 정보, Activity 분류를 참조 • BIM 파일에서 위치정보, 사이즈 정보, 재료정보 등을 추출 • 도공사 작업분류체계에 따라 공사 수행 액티비티 리스트를 자동생성 • CBR을 적용하여 기존사례 공정의 기간, 장비, 인원 등 정보를 추출 • 액티비티별 선·후행관계 규칙을 적용하여 공정표 생성
------------	---

<ul style="list-style-type: none"> ■ 철도공사 가상프로젝트 대안공정(설계대안) 	
	

■ 철도공사 가상프로젝트 BIM 모델 구축

Existing proposal	Alt-1	Alt-2
		
Ear th-1(232.40m)	Ear th-1(229.62m)	Ear th-1(408.94m)
		
Tunnel-1(476.51m)	Tunnel-1(354.63m)	Tunnel-1(114.23m)
		
Ear th-2(184.31m)	Ear th-2(40.28m)	Ear th-2(137.08m)
		
Tunnel-2(353.50m)	Tunnel-2(78.96m)	Br idge-1(132.51m)
		
Ear th-3(228.09m)	Ear th-3(235.29m)	Ear th-3(792.76m)
		
	Tunnel-3(96.51m)	
		
	Ear th-4(475.10m)	

성 과 명	철도인프라 시공현장 영상정보 연동 기술 개발
수행기관	동성엔지니어링
정 의	영상정보기기 및 센서에서 수집된 정보와 BIM모델과의 공정현황 비교
사용주체	철도사업발주기관 (ex. 한국철도시설공단), 시공사

핵심성과 개요	<p>■ 영상정보와 BIM모델 비교 알고리즘 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> • 드론 영상과 GPS, Gyro센서 통합 및 BIM모델과의 비교 알고리즘개발 • 데이터 업로드 방식 결정 및 시스템 서버 영상 업로드 공간추가 • 영상정보를 이용한 시간별 공정 정보 비교 알고리즘개발 <p>■ 영상정보와 BIM모델 비교 소프트웨어 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> • 범용 드론장비에 GPS, Gyro센서를 장착하고 데이터 저장을 위한 소프트웨어 커스트마이징 • 영상데이터와 센서데이터의 동시처리를 위한 타임싱크 • BIM모델 파일(jgs)을 로딩하고 3차원 화면으로 구성하는 뷰어 모듈 개발 • 영상데이터와 BIM모델의 위치, 방향정보 동기화 소프트웨어 개발 • 영상정보 연동 소프트웨어에 시간별 영상정보 추출 모듈 추가 • 스마트폰 사진과 BIM모델의 위치, 방향정보 동기화 모듈 추가 • 영상정보와 BIM형상 연동을 위한 통합파일 생성 • 일반 사용자용 영상-BIM모델 연동 뷰어 • 드론 영상과 GPS, Gyro센서를 통합하여 BIM모델과의 비교소프트웨어 개발 <p>■ 프로그램 활용 가이드라인 작성</p> <ul style="list-style-type: none"> • 스마트폰 사진과 BIM형상 연동을 위한 촬영 가이드라인 작성 • 드론 및 사진영상과 BIM모델을 연동하여 볼 수 있는 프로그램 활용 가이드 작성
------------	---

핵심연구 성과	<p>◆ 영상정보와 BIM모델 비교 알고리즘 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> • 드론을 이용하여 현장영상정보 취득 • 드론 영상과 GPS, Gyro센서 통합 및 BIM모델과의 비교 알고리즘개발 • 데이터 업로드 방식 결정 및 시스템 서버 영상 업로드 공간추가 • 드론영상 좌표 변환 • 영상정보를 이용한 시간별 공정 정보 비교 알고리즘개발 • DB에서 취득한 정보에 따라 현장, 공구, 영상위치, 날짜 선택 • BIM 모델의 날짜 정보로 영상과 연동하는 방식으로 결정 • BIM 모델에서 날짜정보 확인이 불가능한 경우 가장 근접한 날짜 파일과 매치 • 시간별 공정정보의 입력/출력을 위해 데이터베이스 접속방식으로 정의함 • 영상 및 싱크파일, BIM모델의 업로드/다운로드 방식을 대용량 데이터 처리에 적합한 FTP 프로토콜의 사용하기로 정의함 <p>◆ 영상정보와 BIM모델 비교 소프트웨어 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> • 드론 영상 파일을 로딩 및 플레이 모듈 개발 • BIM 파일 로딩 및 제어기능 개발 • BIM모델(IFC)을 로딩하고 3차원 화면으로 출력하는 모듈을 개발 • 화면의 회전, 이동 등의 기능 개발 • 비행궤적 데이터를 로딩하고 타임싱크 후, 영상 연동을 위한 표준 파일 포맷 생성 • 영상데이터와 드론 궤적, 센서 데이터의 동시처리를 위한 타임싱크 기능 개발 • 영상정보 데이터와 BIM모델의 위치, 방향 정보 동기화 실행 모듈 개발 • 영상데이터와 BIM모델의 위치, 방향정보 동기화 소프트웨어 개발 • 영상정보 연동 소프트웨어에 시간별 영상정보 추출 모듈 개발 • 스마트폰 사진과 BIM모델의 위치, 방향정보 동기화 모듈 개발 • 영상정보와 BIM형상 연동을 위한 통합파일 생성 • 일반 사용자용 영상과 BIM모델 연동 뷰어 개발 <p>◆ 프로그램 활용 가이드라인 작성</p> <ul style="list-style-type: none"> • 스마트폰 사진과 BIM형상 연동을 위한 촬영 가이드라인 작성 • 드론 및 사진영상과 BIM모델을 연동하여 볼 수 있는 프로그램 활용 가이드 작성
------------	---

◆ 영상정보와 BIM모델 비교 소프트웨어 개발 및 가이드라인 작성

- 드론장비에 추가센서 장착 등의 커스텀마이징 후 궤적 데이터와 영상데이터, BIM모델이 서로 연동하여 구동되는 소프트웨어를 개발
- 영상과 BIM모델 연동 소프트웨어에 시간별 모듈을 추가하기 위한 기본 개념 정의하고 스마트폰 영상과 BIM모델을 연동하기 위한 가이드 매뉴얼 작성

■ 철도 인프라 시공현장 영상정보 연동기술 개발

철도인프라 시공현장 영상정보 연동 기술 개발 - (주)동성엔지니어링(공공)

❖ 드론영상과 GPS, Gyro센서를 통합하여 BIM모델과의 비교 S/W 개발

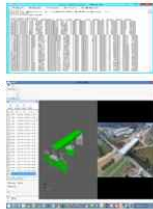
● 범용 드론 선정, 시험 및 커스텀마이징

- ✓ 비행 성능, 영상 화질, 비용 고려
- ✓ 비행 데이터 취득 및 변환
- ✓ 변환파일 로딩 후 영상과 연동
- ✓ BIM+영상 통합 파일 포맷 정의



● 드론영상과 BIM모델 연동 소프트웨어 개발

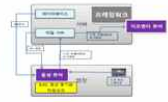
- ✓ 고화질 영상 재생 모듈 추가
- ✓ BIM모델 로딩 후 3차원 뷰어구성 화면이동, 회전, 확대 등의 기능탑재
- ✓ 타임싱크, 좌표 및 자세보정 기능개발
- ✓ 드론영상과 BIM모델을 동시 실행하면서 오차보정 후 통합파일 생성
- ✓ 영상과 BIM모델이 동기화되어 실행되는 모듈 선행개발



❖ 영상정보를 이용한 시간별 공정 정보 비교 모듈 개발

● 현장 정보 및 BIM데이터 공유방법 연구

- ✓ 중앙 데이터베이스 접근방식으로 현장 정보 취득
- ✓ FTP프로토콜을 이용해 BIM 모델 및 영상파일 전송



● 시간별 공정정보 비교를 위한 알고리즘 결정

- ✓ DB에서 취득한 정보로 현장/공구/영상위치/날짜 선택
- ✓ BIM모델의 날짜정보로 영상과 연동하는 방식으로 추진
- ✓ BIM모델에서 날짜정보가 없는 경우 가장 근접한 날짜 파일과 매치시킴



● BIM과 스마트폰 사진 연동을 위한 가이드

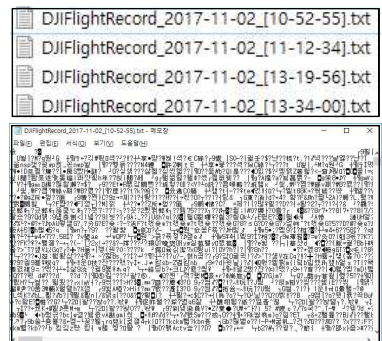
- ✓ 특정위치, 방향에서 촬영하도록 하기 위한 가이드 작성



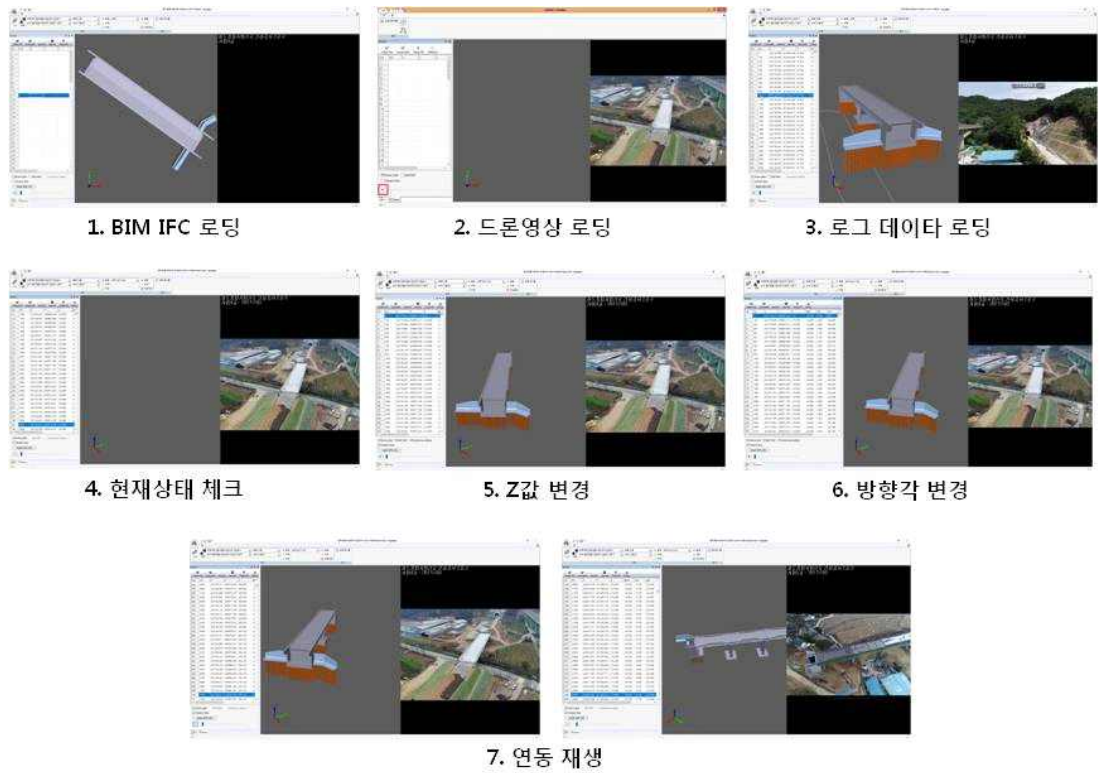
■ 정보 및 파일 흐름도



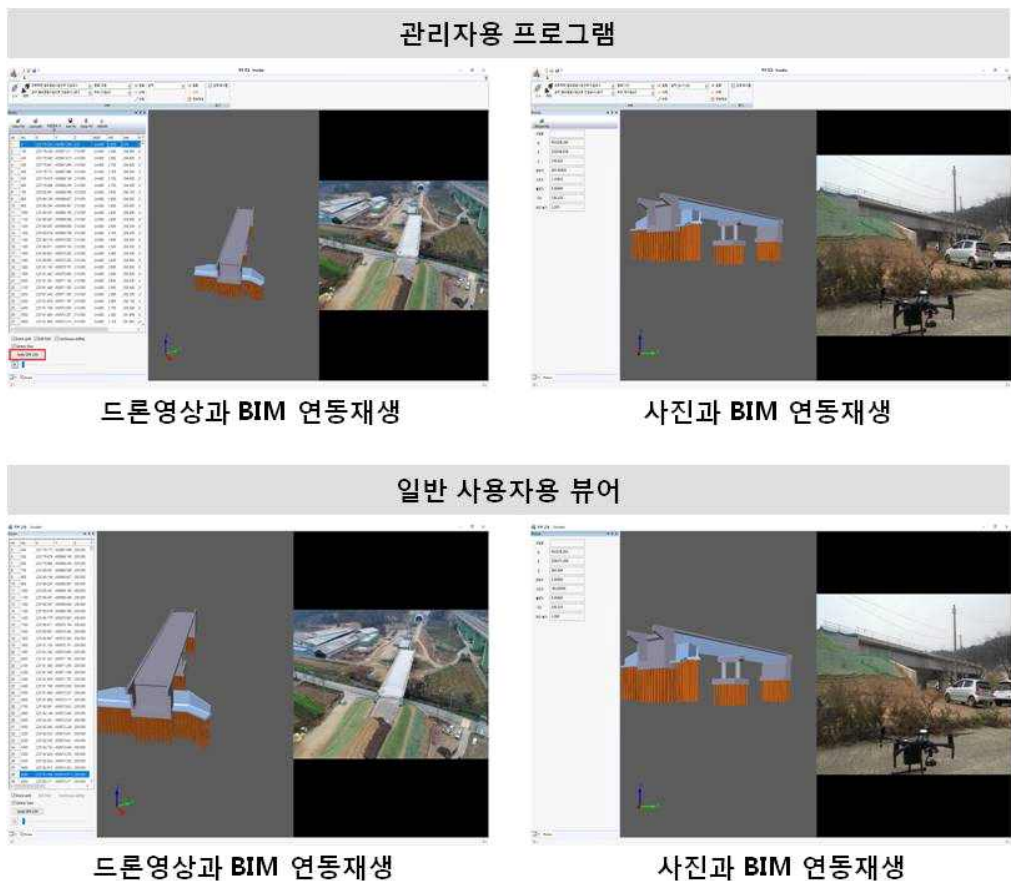
■ 드론영상 데이터 및 로그데이터



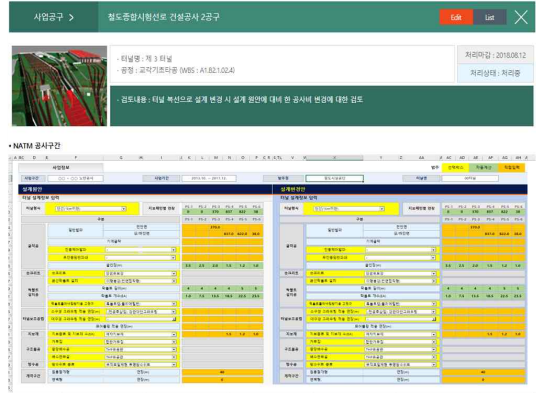
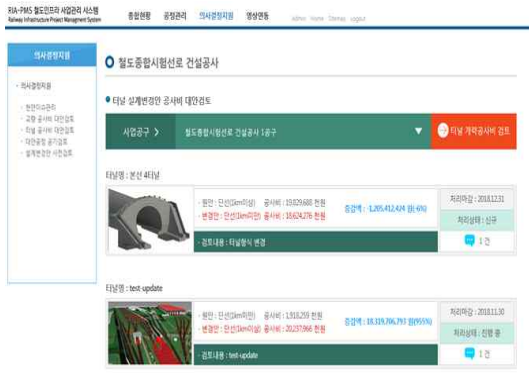
■ 드론영상과 BIM 객체정보 연동재생 방법



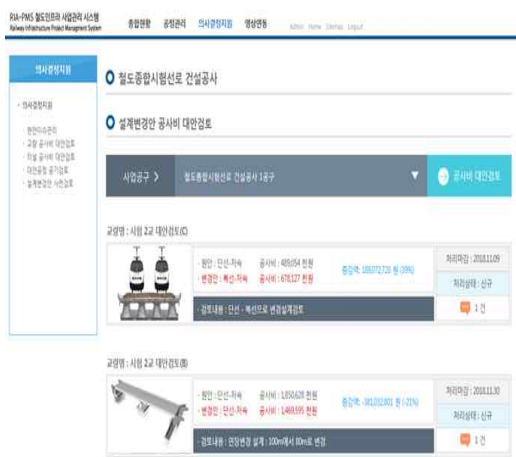
■ 관리자용 프로그램 및 일반 사용자용 영상과 BIM모델 연동 뷰어 개발



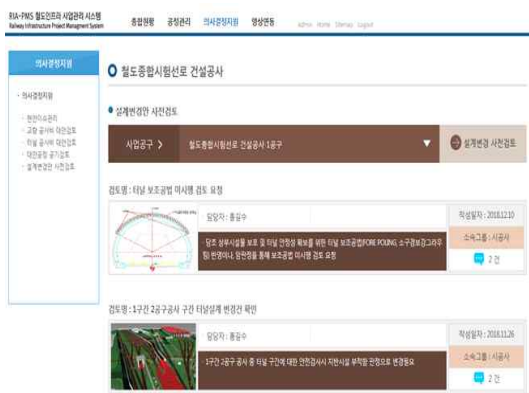
성 과 명	BIM기반 설계변경에 따른 공사비 추정 알고리즘 및 설계변경 기능 설계
수행기관	(주)평화엔지니어링
정 의	BIM기반 설계변경에 따른 개략 공사비를 추정할 수 있는 알고리즘 및 설계변경 업무 프로세스를 반영한 시스템 기능 설계
사용주체	철도사업발주기관 (ex. 한국철도시설공단), 시공사
핵심성과 개요	<p>■ BIM기반 설계변경에 따른 철도터널 개략공사비 추정 알고리즘 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> • 철도터널 공사비 기초자료 조사 • 철도터널의 공종별 공사비 분석 및 대표공종 선정 • 대표공종별 표준물량기반 공사비 추정 모델 개발 <p>■ BIM기반 설계변경에 따른 철도교량 개략공사비 추정 알고리즘 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> • 철도 교량 현황 분석 및 대표교량 선정 • 철도 대표교량의 공사비 기초 자료 조사 및 수집 • 철도 교량 공종별 공사비 분석 및 대표공종 선정 • 대표공종별 표준물량기반 공사비 추정모델 개발 <p>■ BIM기반 설계변경 기능 설계</p> <ul style="list-style-type: none"> • BIM기반 설계변경 업무 프로세스를 반영한 시스템 기능 설계 • 설계변경 기능구현을 위한 사용자인터페이스 설계
핵심연구 성과	<p>◆ BIM기반 설계변경에 따른 철도터널 개략공사비 추정 알고리즘 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> • 한국철도시설공단의 현장설계변경 백서(2014, 2015)와 철도 감리 현장의 설계변경 자료를 수집하여 철도건설 현장에서 발생하는 설계변경 사례 조사 • 분야별(노반/궤도/건축 등), 등급별(경미/일반/중요), 공종별(토공, 터널공, 교량공 등), BIM모델 기반 설계변경 여부(BIM모델 연동/비연동) 등 설계변경 사례 분석 • 터널 구조물을 대상으로 설계변경 사례를 구체적으로 분석하여 주요 설계변경 유형을 분류하고 해당 유형에 적용 가능한 설계형식 트리를 성립하고, 이를 이용하여 입력정보 구성 • 철도터널의 공종별 공사비 분석 및 대표공종 선정 • 분석결과를 바탕으로 철도터널의 대표공종 선정 및 Coverage 산정 • 철도터널의 설계변경에 따른 개략 공사비 추정모델 개발 • 입력정보에 따른 공사비 대표공종별 수량산출 알고리즘 개발 및 설계적용형식별 단가DB 구축을 통한 설계변경에 따른 철도터널 개략공사비 추정모델 개발 <p>◆ BIM기반 설계변경에 따른 철도교량 개략공사비 추정 알고리즘 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> • 한국철도시설공단의 현장설계변경 백서(2014, 2015)에서 자료를 수집하여 철도교량의 설계변경 사례 조사 • 철도교량 현황 분석 및 대표교량을 선정 • 철도교량 공종별 공사비 분석 및 대표공종을 선정 • 분석결과를 바탕으로 철도터널의 대표공종을 선정 및 Coverage 산정 • 철도교량의 설계변경에 따른 개략 공사비 추정모델 개발 • 입력정보에 따른 공사비 대표공종별 수량산출 알고리즘 개발 및 설계적용형식별 단가DB 구축을 통한 설계변경에 따른 철도교량 개략공사비 추정모델 개발 <p>◆ BIM기반 설계변경 기능 설계</p> <ul style="list-style-type: none"> • 주체별(발주처, 시공사, 감리사) 설계변경 업무절차 분석을 통하여 현재 활용되고 있는 철도사업관리시스템의 설계변경관리 기능의 개선 중점사항 도출 • 설계변경 기능 구현을 위한 사용자 인터페이스 설계 • 철도인프라 시공관리시스템의 의사결정지원 메뉴의 설계변경 사전검토 기능으로 구성하여, 설계변경 관련 이해당사자간의 협업공간 제공을 목표로 UI 설계
	<p>■ 철도터널 개략공사비 산정 프로세스 및 모델 : 철도터널 설계변경에 따른 개략공사비 산정을 위한 입력정보를 파악하여, 입력정보에 따른 터널 지보패턴별 단위수량 및 수량 산출 알고리즘을 구축하고, 설계적용형식별 단가DB 및 공사비 산출 로직 구축</p>



■ **철도교량 개략공사비 산정 프로세스 및 모델** : 철도교량 설계변경에 따른 개략공사비 산정을 위한 입력정보를 파악하여, 입력정보에 따라 공사비 대표공종을 구성하고 단선, 복선에 따라 세부공종을 선정하고, 그에 따른 단위수량 및 수량산출 알고리즘을 구축



■ **설계변경 업무 프로세스를 반영한 시스템 기능설계** : 기존에 설계변경(FCR)관리 기능은 파일관리 중심의 기능으로 일방향 행정업무 처리를 위주로 활용되고 있으며, 이러한 한계성을 보완하기 위해 기존의 FCR 관리기능과 병행하여, 철도인프라 시공관리시스템에서는 설계변경과 관련된 이슈를 이해당사자(시공사, 감리사, 원설계사, 발주처 등)간에 협업하는 사전검토 공간으로 활용하고자 철도건설사업관리에 활용되고 있는 CPMS의 한계성을 반영하여 철도인프라 사업관리시스템에서 활용 가능한 설계변경 사전검토 기능의 UI 설계



제4장. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

1. 목표 달성도

1-1. 양적 성과목표 달성도

구 분		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	계
국외논문 게재	SCI	-	-	-	2	2
	비SCI	-	-	-	-	-
	계	-	-	-	2	2
국내논문 게재	SCI	-	-	-	-	-
	비SCI	-	-	2	5	7
	계	-	-	2	5	7
특허출원	국내	-	-	1	1	2
	국외	-	-	-	-	-
	계	-	-	1	1	2
특허등록	국내	-	-	-	1	1
	국외	-	-	-	-	-
	계	-	-	-	1	1
인력양성	석사	-	-	1	1	2
	박사	-	-	-	-	-
	계	-	-	1	1	2
국내외 학술대회	국내외 학술대회	-	-	4	8	12
기타	상용화 시제품	-	-	-	-	-
	S/W등록	-	-	2	5	7
	기술문서 성과홍보	-	-	-	-	-
	가이드라인	-	-	1	4	5
	Test-bed 결과보고서	-	-	-	1	1
	모듈 기능 검증보고서	-	-	-	1	1
	s/w모듈	-	-	-	-	-
	기타 (분석보고서, 업무정의서, 로드맵 등)	-	-	1	-	1

1-2. 연구성과 총괄(전체연구기간)

□ 총괄

구분	핵심성과	상세성과항목	질적 목표치	평가기준	가중치 (%)	양적 목표치	가중치 (%)	해당 기관		
3 세 부	A	능동형 BIM기반의 철도인프라 공정 및 사업관리모듈	A-1	공정 관리모듈 주요기능 개념도	○ 철도인프라의 특화성 및 활용성	○ 철도인프라 업무의 특화성 및 적용성 확인	2.5	-	경상대학교	
			A-2	공정관리 모듈기능 구성 방법론	○ 표준프레임워크와의 연계성 ○ 공정관리 정보의 정확성 및 시각화 검토	○ 공정관리 시뮬레이션의 효율성	5.2	KCI 논문 1건 국내외학술대회 1건 인력양성 1명		6.1
			A-3	공정 진도현황 관리 모듈구성	○ 공구별 공정 진도 현황 검토	○ 기능 활용성 및 구체성	3.9	국내외학술대회 2건		4.6
			A-4	공정 관리모듈 활용 가이드	○ 재현성	○ 가이드 검토 및 내용 적절성 검토	5.6	SCI 1건 국내외학술대회 3건 활용가이드 1건		6.6
	B	철도인프라 사업관리 표준 프레임워크	B-1	표준 프레임워크 주요기능 개념도	○ 정보 연계 및 통합 가능성	○ 기능 활용성 및 구체성	2.8	-	-	(주)지오엔티
			B-2	사업관리 표준 프레임워크 구축	○ 프레임워크 시스템 구축	○ 모듈관리 인터페이스의 효율성 ○ 모듈간 정보 연계 가능성	7.8	국내 특허출원 1건 S/W 1건	9	
			B-3	사업관리 표준 프레임워크 활용 및 개발가이드	○ 활용 및 개발가이드 1건	○ 활용 및 개발 가이드 검토 및 내용의 적절성 확인	2.8	활용가이드 1건 S/W 1건	3.3	
			B-4	표준 프레임워크 기반의 모듈별 적용성 및 기능 검증 보고서	○ 기능 검증 보고서 1건	○ 모듈간 정보 연계 효율성 ○ 실무적 활용성 확인	8.1	모듈기능검증보고서 1건 S/W 1건	9.4	
	C	철도인프라 사업관리를 위한 BIM기반의 의사결정 지원 모듈	C-1	사업 참여자간 현안 및 이슈관리 모듈을 위한 주요기능 개념도	○ 철도인프라 업무 특성 반영 유무	○ 기능 활용성 및 구체성	2.8	-	-	(주)두울테크
			C-2	모듈 별 시스템 및 화면 UI 설계서	○ 모듈의 사용성	○ 시연	4.2	-	4.8	
			C-3	- 시공 대안 선정을 위한 참여자간 협업관리구성	○ 기능 모듈 구축	○ 시연	6.8	S/W 1건	7.7	
			C-4	- 시공 대안 선정을 위한 의사결정 기능 구성	○ 기능 모듈 구축	○ 시연	4.7	S/W 1건	5.3	
			C-5	현안이슈(설계 및 일정, 공정변경)에 대한 변경이력관리 및 현황 비교 모듈	○ 기능 모듈 구축	○ 이력 관리의 정확성 및 효율성 검토	4.8	S/W 1건	5.4	
			C-6	의사결정 지원 모듈 활용 가이드라인	○ 활용 가이드 1건	○ 활용 가이드 검토 및 내용의 적절성 확인	2.1	활용가이드 1건	2.4	
	D	철도인프라 BIM기반 사업관리 운영체계 Test Bed 시범적용	D-1	공중 및 공중별 세부업무 정의서	○ 철도인프라 공정 업무 누락 검토	○ 업무정의서	0.7	-	-	GS건설(주)
			D-2	철도 인프라 BIM Process 및 4D기반 정보 구성도	○ 업무 및 정보 구분의 적절성 검토	○ 보고서	1.6	-	-	
			D-3	Test Bed 시범적용	○ 실용화 요건 체크 리스크 검토	○ 공중별 운영체계 적용효과 분석 결과 보고서	12	업무정의서 1건	13.7	
			D-4	Test Bed 시범적용 효과 분석 보고서	○ 3D/4D 통합구현 가능성 검토 ○ 운영체계개선방안 도출	○ 사업관리표준 프레임워크 및 모듈의 통합 시범적용	5.2	Test-Bed 결과 보고서 1건	5.2	

E	철도공사 공 기예측 알고리 즘	E-1	철도공사 가상프로젝트 기준정보 및 대안공정 개발	○ 공정별 공사기간 산정의 적절성	○ 현장정보 분 류체계	0.7	-	-	서울시 립대학 교
		E-2	철도공사 가상프로젝트 BIM모델 구축	○ 대안 공정별 형상 모델링의 적절성	○ 대안 모델의 검토 및 확인	1	-	-	
		E-3	철도공사 대안 공정 공 기산정 알고리즘 개발	○ 대안 공정별 공사 기간 변경요인의 적절성 검토	○ 전문가 검증	1.5	KCI 논문 1건	3.3	
	철도공 사 공 기예 측 전산프 로그램	E-4	철도공사 공기예측 알고 리즘 보완 프로세스 개 발	○ 철도공사 공기예측 알고리즘의 효율 성	○ 기능 활용성 및 구체성 검 토	0.6	-	-	
		E-5	철도공사 BIM모델-공정 정보 연계모델 개발	○ 정보 연계성 검토	○ 시연	1.2	-	-	
		E-6	실시간 현장정보 기반 철도공사 공기예측 전산 프로그램 구축	○ 예측 프로그램 구 축	○ 시연	1.4	SCI 1건 KCI 논문 1건 국내특허출원 1건 국내특허등록 1건 S/W 1건 활용가이드 1건	3.1	
F	영상정 보기 및 센 서에서 수집된 정보와 BIM모 델과의 공정현 황 비 교	F-1	영상정보와 BIM모델 비 교 알고리즘 개발	○ 3차원 화면 뷰어 모듈 개발	○ 영상데이터와 센서 데이터 의 동시처리 정확성	2.8	-	-	(주)동 성엔지 니어링
		F-2	영상정보와 BIM모델 비 교 소프트웨어 개발	○ 시간별 영상정보 추출모듈 개발	○ 영상정보를 이용한 시간 별 공정 정보 비교의 정확 성	3	S/W 1건 활용가이드 1건	5.9	
G	BIM 기 반 설 계변경 에 따 른 공 사 비 추 정 알고리 즘	G-1	BIM기반 설계변경에 따 른 개략 공사비 추정 알 고리즘 및 모델	○ 철도 터널, 철도교 량 개략공사비 추 정알고리즘 및 모 델 개발	○ 기능 활용성 및 구체성 검 토	3.6	국내 비SCI 1건	4.2	(주)평 화엔지 니어링
		G-2	설계변 경 관 리 기 능 설계명 세서	○ BIM기반의 설계변 경 업무프로세스 를 반영한 시스템 기능설계	○ 설계변경 관리 인터 페이스 설계	0.6	-	-	
3세부 합계						100	특허 출원 2건 특허 등록 1건 KCI 3건 SCI 2건 국내논문게재1건 국내외학술대회 6건 인력양성 1건 기타 9건	100	

1-3. 연차별 연구성과

□ 1차년도

3세부	2차년도 분리발주로 인해 1차년도 성과에 해당없음
-----	-----------------------------

□ 2차년도

구분	상세성과항목	질적 목표치	평가기준	가중치 (%)	달성도 (%)	양적 목표치	가중치 (%)	달성여부	비고	해당기관
3세부	A-1	공정 및 사업비 관리모듈 주요기능 개념도	○ 철도인프라의 특화성 및 활용성	○ 철도인프라 업무의 특화성 및 적용성 확인	24	100	-	-	-	경상대학교
	B-1	표준 프레임워크 주요기능 개념도	○ 정보 연계 및 통합가능성	○ 기능 활용성 및 구체성	26.9	100	-	-	-	(주) 지오엔티
	C-1	사업 참여자간 현안 및 이슈관리 모듈을 위한 주요기능 개념도	○ 철도인프라 업무 특성 반영 유무	○ 기능 활용성 및 구체성	27	100	-	-	-	(주) 두울테크
	D-1	공종 및 공종별 세부업무 정의서	○ 철도인프라 공정 업무 누락 검토	○ 업무정의서	6.7	100	-	-	-	G S 건설(주)
	D-2	철도 인프라 BIM Process 및 4기반 정보 구성도	○ 업무 및 정보 구분의 적절성 검토	○ 보고서	15.4	100	-	-	-	
3세부 합계				100		-	100			

□ 3차년도

구분	상세성과항목	질적 목표치	평가기준	가중치 (%)	달성도 (%)	양적 목표치	가중치 (%)	달성여부	비고	해당기관	
3세부	A-2	공정관리 모듈기능 구성 방법론	○ 표준프레임워크와의 연계성 ○ 공정관리 정보의 정확성 및 시각화 검토	○ 공정관리 시뮬레이션의 효율성	10.1	100	KCI 논문 1건 국내외 학술대회 1건 인력양성 1명	20.4	국외학술지 1건 국내외 학술대회 4건 인력양성 1명	국외학술지 1건 초과달성	경상대학교
	B-2	사업관리 표준 프레임워크 구축	○ 프레임워크 시스템 구축	○ 모듈관리 인터페이스의 효율성 ○ 모듈간 정보연계 가능성	15.2	100	국내 특허출원 1건 S/W 1건	17.1	국내 특허출원 1건 S/W 1건		(주) 지오엔티
	B-3	사업관리 표준 프레임워크 활용 및 개발가이드	○ 활용 및 개발가이드 1건	○ 활용 및 개발가이드 검토 및 내용의 적절성 확인	5.5	100	활용가이드 1건 S/W 1건	6.3	활용 가이드 1건 S/W 1건		
	C-2	모듈 별 시스템 및 화면 UI 설계서	○ 모듈의 사용성	○ 시연	8.2	100	-	9.1			(주) 두울테크
	C-3	시공 대안 선정을 위한 참여자간 협업관리 구성	○ 기능 모듈 구축	○ 시연	13.3	100	S/W 1건	14.7	S/W 1건		

D-3	Test Bed 시범적용	○ 실용화 요건 체크 리스크 검토	○ 공중별 운영체계 적용효과 분석 결과 보고서	23.3	100	업무정의서 1건	26.1	업무정의서 1건		68건 설 (주)
E-1	철도공사 가상 프로젝트 기준정보 및 대안공정 개발	○ 공정별 공사기간 산정의 적절성	○ 현장정보 분류체계	1.4	100	-	-			서울 시립 대학 교
E-2	철도공사 가상 프로젝트 BIM모델 구축	○ 대안 공정별 형상 모델링의 적절성	○ 대안 모델의 검토 및 확인	1.9	100	-	-			
E-3	철도공사 대안 공정 공기 선정 알고리즘 개발	○ 대안 공정별 공사기간 변경요인의 적절성 검토	○ 전문가 검증	2.9	100	KCI 논문 1건	6.3	-		
F-1	영상정보와 BIM모델 비교 알고리즘 개발	○ 3차원 화면 뷰어 모듈 개발	○ 영상데이터와 센서 데이터의 동시처리 정확성	5.5	100	-	-			(주) 동성 엔지 니어 링
G-1	BIM기반 설계 변경에 따른 개략 공사비 추정 알고리즘 및 모델	○ 철도터널 공사비 추정알고리즘 및 모델 개발	○ 기능 활용성 및 구체성 검토	5.1	100	-	-	-		(주) 평화 엔지 니어 링
3세부 합계				100		KCI 논문 2건 인력양성 1명 특허출원 1건 국내외 학술대회 1건 기타 5건	100	국외 논문게재 1건 인력양성 1명 특허출원 1건 국내외 학술대회4 건 기타 4건		

□ 4차년도

구분	상세성과항목	질적 목표치	평가기준	가 중 치 (%)	달 성 도 (%)	양적 목표치	가 중 치 (%)	달성여부	비고	해 당 기 관
3 세 부	A-3	공정현황 비교 모듈 설계	○ 과거 특정시점 및 현재시점에서의 계획 대비 공정현황 비교 모듈 설계	○ 기능 활용성 및 구체성	7.6	100	국내외 학술대회 2건	8.8	국내외 학술대회 2건	경상 대학 교
	A-4	공구 시뮬레이션 모듈설계	○ 임의시간 및 공구 선택에 따른 시각화 시뮬레이션 시안 구성	○ 기능 활용성 및 구체성	14.6	100	SCI 1건 국내외학술 대회 3건 활용가이드 1건	5.1	SCI 1건 KCI 2건 국내외 학술대회 5건 인력양성 1명 활용가이드 1건	
	B-4	표준 프레임워크 기반의 모듈별 적용성 및 기능 검증 보고서	○ 기능 검증 보고서 1건	○ 모듈간 정보연계 효율성 ○ 실무적 활용성 확인	21.1	100	모듈기능검 증보고 서 1건 S/W 1건	19.8	모듈기능 검증보고서 1건 S/W 1건	(주) 지오 엔티
	C-4	시공 대안 선정을 위한 의사결정 기능구성	○ 기능 모듈 구축	○ 프로그램 시연의 정확성	12.3	100	S/W 1건	11.2	S/W 1건	(주) 두울 테크
	C-5	현안이슈(설계 및 일정, 공정	○ 기능 모듈 구축	○ 이력관리의 정확성 및 효율성 검	12.5	100	S/W 1건	11.4	S/W 1건	

	변경)에 대한 변경이력관리 및 현황 비교 모듈		토								
C-6	의사결정 지원 모듈 활용 가이드라인	○ 활용 가이드 1건	○ 활용 가이드 검토 및 내용의 적절성 확인	5.5	100	활용가이드 1건	5.1	활용가이드 1건			
D-4	Test Bed 시범 적용 효과분석 보고서	○ 3D/4D통합구현 가능성 검토 ○ 운영체계개선방안 도출	○ 사업관리표준프레임워크 및 모듈의 통합 시범 적용 결과 보고서	13.6	100	Test-Bed 결과보고서 1건	10.9	Test-Bed 결과 보고서 1건 국외학술건	국내외 학술 1건 초과달성	68건 설 (주)	
E-4	철도공사 공기예측 알고리즘 보완 프로세스 개발	○ 철도공사 공기예측 알고리즘에 의한 공기예측 정확도 개선	○ 알고리즘의 적용전후 정확성 개선정도	1.6	100	-	-				
E-5	철도공사 BIM 모델-공정정보 연계모듈 개발	○ 정보 연계성 검토	○ 프로그램 시연의 정확성	3.1	100	-	-				
E-6	실시간 현장정보 기반 철도공사 공기예측 전산 프로그램 구축	○ 예측 프로그램 구축	○ 프로그램 시연의 정확성	3.7	100	SCI 1건 KCI 논문 1건 국내 특허출원 1건 국내 특허등록 1건 S/W 1건 활용가이드 1건	6.5	SCI 논문 1건 KCI 논문 2건 국내 특허출원 1건 국내 특허등록 1건 S/W 1건 활용가이드 1건		서울 시립 대학 교	
F-2	영상 정보와 BIM모델 비교 소프트웨어 개발	○ 시간별 영상정보 추출모듈 개발	○ 영상정보를 이용한 시간별 공정 정보 비교의 정확성	7.8	100	S/W 1건 활용가이드 1건	12.4	S/W 1건 활용가이드 1건		(주) 동성 엔지 니어링	
G-2	BIM기반 설계변경에 따른 개략 공사비 추정 알고리즘 및 모델	○ 철도 교량 개략공사비 추정알고리즘 및 모델 개발	○ 기능 활용성 및 구체성 검토	3.0	100	KCI 논문 1건	8.8	KCI 논문 1건		(주) 평화 엔지 니어링	
	BIM기반 설계변경 기능설계	○ BIM기반의 설계변경 업무프로세스를 반영한 시스템 기능설계	○ 설계변경 관리 인터페이스 설계	1.2	100	(비설계서 1건)		(비설계서 1건)			
3세부 합계				100		SCI 논문 2건 KCI 논문 2건 특허출원 1건 특허등록 1건 학술대회 5건 기타 12건	100	SCI 2건 KCI 5건 인력양성 1명 특허출원 1건 특허등록 1건 국내외학술대회 8건 기타 12건			

2. 관련 분야 기여도

1. 최근 다양한 BIM 시스템들이 연구되고 있고 실무에 적용 중에 있으나 철도시설공사 시공단계에 특화된 BIM시스템은 국내외 최초의 개발사례로서, 관련 기술 분야의 선도적 국가 경쟁력을 확보할 수 있음
 2. 기존 BIM시스템이 공사현황의 단순 시각적 표현에 중점을 두고 있으나, 연구에서 시도하는 BIM구현 기술은 공사현황 시뮬레이션에서 파악된 문제점의 해결능력을 갖는 능동형 의사결정기능들로 구성되며, 이러한 기술들은 국내외에서 개발된 BIM사례들과 비교 시 독창적 기술임
 3. BIM구현을 위한 개별 기능들과 기능 구현용 프레임워크를 독립적으로 구성한 후 프레임워크기반으로 BIM의 개별기능들을 구현하는 방식은 수요기관별 필요 기능만 구현이 가능하도록 함으로써 실무 BIM적용을 용이하게 할 수 있는 혁신적 기능임
 4. 국내외 유일의 BIM기반 철도공사 공기예측 기술 개발로 BIM기반 설계모델에 실시간 현장정보를 연계하여 다양한 설계대안의 공사기간을 예측하고, 이로 인해 공정계획과 관련된 신속한 의사결정을 할 수 있는 기반을 확보할 수 있음
 5. BIM모델에 드론의 동영상과 스마트폰의 사진 연계 기술 개발로 사실적인 공정관리 및 현장관리가 가능하며, 이를 통한 원거리 공정관리 및 회의를 통해 비용 절감과 업무효율을 향상시킬 수 있으며, 향후 드론기술의 발전과 더불어 지속적이고 독창적인 현장 공정관리 기술을 확보할 수 있음
 6. 실제 현장 Test Bed 시범적용이 가능한 시공 회사를 공동연구기관으로 포함하고 있으므로 시공 중인 철도현장에 개발기술을 직접 적용하여 사업 활용 시 예상되는 다양한 문제점을 사전에 예측하고 이를 수정·보완함으로써 추후 사업에 바로 적용할 수 있는 실용화 기술을 확보할 수 있음
-

제5장. 연구개발성과의 활용계획

5-1. 연구개발성과의 활용방안

□ 3세부 : 다차원 객체기반 철도인프라 시공관리 기술 개발

[연구성과 활용 시나리오구성]

- 연구단계 성과물의 테스트베드 적용을 통한 실무 활용성 확보: 본 연구에서는 철도시설물 시공회사가 공동연구기관으로 참여하고 있고, 동 회사가 시공 중인 철도시설공사를 테스트베드로 하여 3세부 전체의 연구 성과물이 년차별로 적용될 것이므로 연구 종료 시 높은 실무적 활용성을 확보하게 됨
- 종료단계 발주기관 시범발주 적용: 또한 테스트베드 프로젝트를 발주 관리하고 있는 한국철도시설공단 연구단에 참여하여 연구 성과물의 발주기관 적용성이 직접적으로 파악 가능하므로, 연구 종료 시에는 철도시설공단에서 BIM 시범발주를 통하여 3세부 성과물의 실무적 활용성을 확보할 것임
- 운영단계 PMIS 대체 활용: 본 연구 성과물에 발주기관의 4기반 공정관리 발주를 위한 업무내용이 포함되므로 철도시설물 발주기관에서 시공관리 운영과정에 기존 PMIS의 공정관리 대체 도구로 활용성을 갖게 되고, 민간기관은 시공단계의 BIM기반 공정관리 운영 기술력을 확보할 수 있음
- 민간기관 BIM기반 공정관리 도구로 활용: 연구 성과물은 철도시설공사에 참여하는 민간기관에 프리웨어로 제공될 것이므로 민간기관에서 사용하는 수치적 공정관리도구의 대체 시스템으로 활용성을 갖게 되고, 이로써 민간기관의 토목시설물 BIM 실무 기술력을 확보할 수 있음

[연구성과 실용화 및 정책제안 가능성]

- 시범발주 적용을 통한 국가 철도시설 BIM 발주체계 활용: 본 연구단 전체의 연구 성과물은 발주, 설계, 시공단계에 직접적 활용을 목적으로 하고 있고, 특히 3세부는 연구에 테스트베드 검증과정이 포함되어 있으므로 연구 종료 시 시범사업에 직접 활용가능한 수준의 성과물 도출이 가능함
- 공정관리에 특화된 BIM 연구의 구체화로 조기 실무 적용성 확보: 철도시설공사에서 빈번한 공사시행 계획 변경에 따른 시각적 공정 검토를 통한 의사결정 체계가 부재한 점을 고려하면, 본 연구는 공정관리에 특화된 성과물 중심으로 구성되므로 발주기관과 시공기관에서 기존 공정관리도구를 대체하여 4D CAD기반 공정관리 운영체제로 조기에 실무적 활용이 가능함
- 정책제안 가능성: 철도시설물 발주에 BIM을 포함하는 것은 향후 단기간에 보편적 추세가 될 것이므로, 국내에서도 철도 BIM발주를 위한 정책 마련이 시급한 시점에 있음. 본 연구 성과물은 공정관리 BIM에 특화된 전문성과 성과물의 구체적 실무 검증단계를 포함하므로, 연구 종료 시 시공단계의 공정관리부분 BIM발주 정책으로 적용성을 갖게 됨
- 해외 철도 BIM발주 프로젝트에 직접 활용성 확보: 최근 해외 발주처에서 철도시설공사의 4D 및 5D 운영체계 구축 요구가 시작되고 있는 점을 고려하면, 본 연구 성과물은 해외 수주 철도시설공사의 사업관리 도구로서 활용성을 갖게 됨
- 3세부 시스템에서 선형공정표기기의 4D시스템 등은 향후 보완과정을 통해 상용화를 시도할 수 있으며, 이를 위해서는 BIM을 적용하는 철도프로젝트 시범사업 등에 실제 적용하면서 검증과정을 거쳐야 하며 가능하다면 시공 안전관리 등에 활용성을 갖는 추가적인 기능개발도 필요할 것임

[세부 연구내용별 성과물 활용계획]

○ 철도인프라 사업관리 공정 관리 기술 개발

- 연구 종료 시 철도시설공단의 BIM 시범발주를 통한 3세부 성과물의 실무적 활용성 검증
- 수평적 작업구역을 갖는 철도시설물 공정관리에 특화된 성과물 중심으로 구성되므로 철도 발주기관과 시공기관에서 철도시설물의 4D CAD기반 공정관리 운영체계로 활용
- 연구 성과물이 시공단계 BIM에서 가장 많은 활용성을 갖는 4D CAD기반 공정관리 도구를 구축하는 것
이므로 철도시설물의 BIM기반 공정관리 업무 효율성 확대와 기타 토목공사에도 4D CAD의 적용성을 확보할 수 있음

○ 철도인프라 사업관리 표준 프레임워크 개발

- BIM 모델 및 주요 설계데이터의 검증 및 관리에 활용
- 철도인프라 사업관리 표준 프레임워크 기반의 시공업무 지원모듈의 통합 구축으로 계약자 공구별 선별적 모듈기능 활용
- 철도인프라 사업관리 표준 프레임워크 기반의 시스템 운영을 통한 BIM 및 시공단계의 표준화된 정보 관리체계 마련

○ 철도인프라 사업관리를 위한 BIM 기반의 의사결정 지원 기술 개발

- BIM 기반의 의사결정 지원 시스템 구축을 통하여 신속하고 정확한 의사결정을 위한 업무지원에 활용 가능
- 철도인프라 시공에 참여하는 다양한 참여기관 간의 협업환경 구축에 BIM 기술 활용 가능
- BIM 기반 이슈 관리 시스템 구축으로 철도인프라 시공단계에서 발생하는 각종 이슈를 등록, 관리함으로써 참여기관 간에 명확한 이슈 전달 및 관리에 활용

○ 철도인프라 BIM 기반 사업관리 운영체계 Test Bed

- 민간기업의 철도인프라 3D, 4D BIM 적용을 위한 참조자료로 활용
- 3D,4D BIM 성과물의 발주처 활용방안 수립을 위한 참조자료로 활용

○ 철도시설 공정별 공사기간 예측 알고리즘 및 전산 프로그램 개발

- 철도공사 공사기간 정보의 축적을 통해 향후 프로젝트 수행 시 유사사례 정보로 활용
- 철도공사의 설계대안 BIM 라이브러리, 설계 모델링 가이드라인 및 매뉴얼 개발을 통해 BIM기반의 철도시설 관련 정보 관리에 활용
- 실시간 현장정보기반 공기에측 전산프로그램은 다양한 공정관리 프로그램과의 연계를 통한 확장성 확보에 활용
- 현장정보에 대한 분류체계 정립을 통해 향후 다양한 형태로 입력되는 현장정보의 체계적 관리기반 구축에 활용

○ 철도인프라 시공현장 영상정보 연동 기술 개발

- 주기적으로 촬영된 드론 카메라 영상을 발주처가 현장방문 없이 선명한 화질로 볼 수 있으므로, 원거리 시공현장 관리도구로 활용가능
- 스마트폰 사진이나 저가의 카메라를 활용한 시공현장의 현황과 BIM 모델과의 연동기술 구축에 활용

- BIM 기반 설계변경에 따른 공사비 추정 알고리즘 및 설계변경 기능 개발
 - 발주처 및 시공사의 설계변경 검토단계에서 BIM모델 설계변경 안에 대한 BIM 모델링 미적용 공종의 개략 공사비 추정 및 설계변경 대안별 개략 공사비 비교
 - BIM기반 사업관리 시스템 내 설계변경 기능을 구현하여 시공 중 발생하는 설계변경 사항에 대한 발주처 및 시공사의 효율적인 업무처리에 활용
- 연구단 성과물과의 통합 연계성
 - 시공단계 표준 프레임워크의 구성은 3세부 성과물을 독립적 모듈개념으로 구성하였으므로, 향후 사용자 목적에 따라 추가 모듈 구성은 연동 활용성을 갖고 있음
 - 연구단의 최종 성과물에서 1세부 운영시스템에서 시공단계 기능은 3세부 성과물로 연동되어 활용되므로 시설물의 생애주기동안 연동성을 갖고 활용될 수 있음



5-2. 기대 효과

가. 기술적 측면

- 총괄적 측면의 기대효과
 - 해외 철도시설공사에 적용중인 BIM이 대부분 설계단계 중심의 3D모델링 작업 위주로 활용되고 있으며, 광역현장과 다량의 토공작업을 포함하는 선형적 작업으로 구성되는 철도시설 시공단계에 적용은 곤란한 기능들이므로, 본 연구에서 시도하는 철도인프라 시공단계 활용 시스템은 구축 시에 관련 분야에서 국내외 최고수준의 기술력을 갖출 수 있음
 - 단순 시각화중심의 BIM기능에서 의사결정형 기능을 도입하여 현장 실무에 적합한 시뮬레이션 도로 개발하고 철도시설 특성에 적합하도록 위치정보기반의 시뮬레이션 기능을 구현하므로, 현장에서 실제적 공정관리도구로 활용성을 기대할 수 있음
 - BIM기반 설계정보와 공정정보의 연계를 통해 철도공사 현장의 신속한 의사결정 지원이 가능해지고, 공사기간 예측 알고리즘 개발로 향후 철도시설공사의 계획 공기 준수에 기여함
 - 현장정보에 대한 분석 방법을 제공하여 다양한 형태로 발생될 현장정보의 공정관리 반영 기준으로 활

용될 수 있고, 철도공사 현장의 공정별 공정간섭 최소화 등의 기술은 철도공사 사업관리시스템 구의 핵심 모듈로 활용될 수 있음

○ 철도인프라 사업관리 공정 관리 기술 개발

- 광역현장과 다량의 토공작업을 포함하는 선형적 작업으로 구성되는 철도시설 시공단계에 사업관리 시스템으로 활용 가능
- 기존 설계단계 중심의 3D 모델링 작업 위주의 사업관리 기술을 시공단계로 확대함으로써 국내외 최고수준의 기술력을 갖출 수 있음
- 위치기반 공정 관리 기술의 개발로 향후 철도시설공사의 계획 공기 준수 및 사업비 절감에 기여

○ 철도인프라 사업관리를 위한 BIM 기반의 의사결정 지원 기술 개발

- BIM 기반의 의사결정 지원 시스템 구축을 통해 다양한 사업참여자 간에 실시간 협업을 위한 기반 기술을 확보
- 기존 텍스트 기반 의사결정 지원 기술을 탈피한 BIM 기술을 적용한 최신의 기술 개발

○ 철도인프라 BIM 기반 사업관리 운영체계 Test Bed

- 실제 현장 현황 반영을 통한 발주처 및 시공사 공사관리체계 활용성 최대화
- 실제 현장 조건 반영을 통한 BIM 기반 철도인프라 사업관리 운영 시스템 최적화 및 신뢰도 향상

○ 철도시설 공정별 공사기간 예측 알고리즘 및 전산 프로그램 개발

- BIM기반 설계정보와 공정정보의 연계를 통해 철도공사 현장의 신속한 의사결정 지원
- 공사기간 예측 알고리즘 및 BIM 기반 설계 모델링에 대한 프로세스 및 매뉴얼 개발로 향후 철도공사의 원활한 추진에 기여
- 철도공사 현장의 공정별 공정간섭 최소화 및 사업관리시스템 구축의 핵심 모듈로 활용
- 현장정보에 대한 분류체계 정립을 통해 향후 다양한 형태로 입력되는 현장정보의 체계적 관리기반 구축에 활용

○ 철도인프라 시공현장 영상정보 연동 기술 개발

- 광범위한 철도인프라 사업에 특화된 시공현장 관리기술로 기술로 세계 시장에서의 경쟁력 향상
- 드론에 추가로 센서를 설치하고 컨트롤 할 수 있는 커스터마이징 등을 통한 건설 현장의 데이터 취득 기술 향상

○ BIM 기반 설계변경에 따른 공사비 추정 알고리즘 및 설계변경 기능 개발-평화엔지니어링

- 설계변경이 필요한 사항에 대하여 BIM 모델 수정을 통한 개략 공사비를 신속하게 추정하여 발주 및 시공자의 설계변경안 사전 검토가 가능함
- BIM을 활용한 설계변경 업무를 지원하고 BIM기반 사업관리 시스템 내 설계변경 관리기능을 구현으로써 기존의 비효율적인 설계변경 관리체계를 개선

나. 경제적·산업적 측면

○ 총괄적 측면의 기대효과

- 국내외에서 최초로 철도시설공사 시공단계에 특화된 사업관리 BIM시스템 구축이므로, 해외 철도시장의 수주경쟁에서 시공단계 경쟁력 강화를 위한 선도적 기술보유 항목으로 활용할 수 있음

- 발주기관에서는 BIM기반 철도사업관리 기술력 확보가 가능하여 조기에 BIM기술력 확보가 가능해지고, 민간참여기관은 BIM시스템 구축의 투자비용 및 시간을 감소시킬 수 있으므로 장기적으로 철도 분야의 민간 BIM 생태계 활성화를 유도할 수 있음
- 철도시설공사 시공단계 BIM시스템을 조기에 구축함으로써 기타 토목시설 BIM시스템 구축 시 활용 가능한 기능들을 선 제공할 수 있고, 결과적으로 낙후된 토목공사 정보화기술의 적용성을 대폭 개선할 수 있을 것으로 기대됨
- 철도사업 공정관리 및 사업비관리 BIM기능을 능동적 시뮬레이션 기능으로 구성하므로, 현장에서 간섭에 의한 공정지연 등의 문제점을 사전에 방지할 수 있으므로, 공정오류 및 설계변경이 감소되어 공기 및 공사비의 2% 이상 절감효과를 기대할 수 있음
- 시공단계 공정정보의 사전 시뮬레이션으로 설계단계부터 시공성 검토가 가능해지므로 시공단계 설계변경이 감소되며, 통상적인 설계변경금액이 사업비 5%이고 이 비용의 30%이상 절감을 예상하면, 연 150억 원 이상 예산절감 효과가 기대됨 [연간철도사업비 1.5조원*5%*0.3]
- 국가 기반사업인 철도사업의 BIM기반 사업관리 운영체계를 표준프레임워크로 구성하여 참여업체에 제공함으로써 국내의 철도시설공사 참여 민간업체의 중복 시스템 개발 투자비용을 절감할 수 있고, 기존 공정관리 도구 대체효과로서 약 15억 원 이상의 경제적 효과를 기대할 수 있음 [국내외철도공사 100공구*300만원(공정관리도구비용)*5년]

○ 철도인프라 사업관리 공정 관리 기술 개발

- 국내외에서 최초로 철도시설공사 시공단계에 특화된 사업관리 BIM시스템 구축 기술 확보
- 해외 철도시장의 수주경쟁에서 시공단계 경쟁력 강화를 위한 선도적 기술 보유
- 능동적 시뮬레이션 기능으로 현장에서 간섭에 의한 공정지연 등 문제점의 사전에 방지에 따른 생산성 향상

○ 철도인프라 사업관리 표준 프레임워크 개발

- 철도인프라 사업관리 표준 프레임워크 개발을 통해 향후 유사 시스템 개발에 대한 개발 생산성 확보 및 중복투자 방지
- 국내외 최초의 철도시설공사 시공단계 특화 프레임워크 구축으로 해외 철도시장의 수주 경쟁력 확보
- 국가 기반사업인 철도사업의 BIM 기반 사업관리 운영체계를 표준 프레임워크로 구성하여 참여업체에 제공함으로써 국내의 철도시설공사 참여 민간업체의 중복 시스템 개발 투자비용 절감
- 철도인프라 사업관리 표준 프레임워크 기반기술에 대한 타 건설분야의 개발 확장성 확보

○ 철도인프라 사업관리를 위한 BIM 기반의 의사결정 지원 기술 개발

- BIM기반의 의사결정지원시스템 구축으로 사업참여자 간의 효과적 업무지원으로 업무 생산성 향상
- 철도인프라 시공단계에서 사업 참여기관 간 발생하는 각종 현안 이슈를 기록하고 관리하여 효율적인 사업관리 환경 제공으로 업무 생산성을 향상
- 철도인프라 BIM 도입을 위한 기반 제공으로 철도분야 BIM 생태계 활성화에 기여

○ 철도인프라 BIM 기반 사업관리 운영체계 Test Bed

- 시공사의 BIM 성과물 능동적 활용을 통한 공사 리스크 최소화

- 최적 시공방안 도출을 통한 공사비 절감, 공기 단축 및 안전 향상

○ 철도시설 공정별 공사기간 예측 알고리즘 및 전산 프로그램 개발

- 철도공사 공사기간 지연요인 체계화에 따른 공정관리 업무 효율성 향상

- 현장정보 제공방법의 다양화를 통해 타 산업과의 연계가능성 제고

- 국내 철도공사 수행 경쟁력 향상

○ 철도인프라 시공현장 영상정보 연동 기술 개발

- 드론의 자동 비행과 촬영 기술 등에 따른 비숙련 작업자의 장비 운영으로 현장 관리 비용 절감

- 드론과 스마트폰 간 연계 기술의 발달로 현장관리 체계 구축의 가격 경쟁력 확보

- 기존 고정식 웹캠이나 CCTV에 의한 장비 설치 및 유지관리 비용의 축소로 경제적 비용 절감

○ BIM 기반 설계변경에 따른 공사비 추정 알고리즘 및 설계변경 기능 개발

- BIM을 활용한 설계변경 관리 기능 구현으로 발주자 및 시공사간 효율적인 설계변경 업무처리를 통한 처리시간 단축 및 생산성 향상

- 설계변경 사항을 반영한 BIM모델을 이용하여 개략 공사비를 추정하는 알고리즘 구현함으로써 비용측면의 설계변경 대안 검토 가능

제6장. 연구 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보

1. 철도분야 BIM 적용 현황

가. 홍콩의 MTR(Mass Transit Railway) 프로젝트

(1) 많은 참여자와 다중 접점을 가진 복잡한 프로젝트이며, 적절한 프로젝트 조율을 위한 위험요소 제거가 필요하여 BIM기술이 적용되었음

(2) 공간 간섭이나 시공상 이슈 조율, MTR과 계약자들 간의 협업과 As Built 모델 개발에도 활용하고 있음

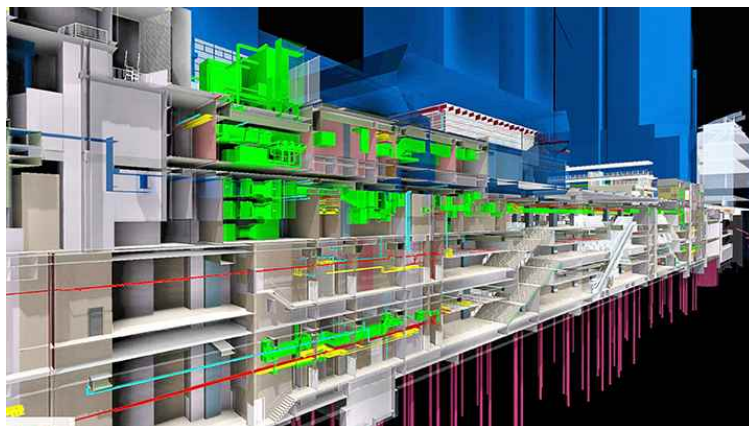


그림 1 BIM for FM at Hong Kong MTR (Mass Transit Railway)

나. 일본의 Central Japan Railway

(1) 대지진 복구를 위해 1,120억 달러가 투자된 프로젝트

(2) 3D 설계지원을 위해 '3D model design support system'이 개발되었으며 Civil3D, Revit structure등

이 설계를 위해 활용되었음

- (3) BIM 모델은 기존 선로 복구를 위해 시공기간 단축, 수량 및 견적, 대지진 복구 계획에 활용할 수 있도록 개발되었음
- (4) 개발된 시스템은 철로작업 생산성 개선을 위해 활용되며 기존 선로의 개선 및 유지보수에도 활용되었음
- (5) Civil3D와 같은 상용 모델링 도구를 활용하며, JR East Consultants사에서 개발한 'Railway GIS'와 연계되어 철도 모델, 도면, 위성 이미지 등을 관리할 수 있으며, 오래된 선로나 새로운 선로 계획 등에 효과적으로 활용될 수 있도록 개발되었음
- (6) Civil3D와 같은 상용 모델에서 개발된 철도모델은 일본 표준에 부합하게 디자인되도록 별도 시스템을 통해 설계 개선, 규칙 검토 등이 가능하도록 개발되었으며, 산출물 등을 표준에 맞게 출력할 수 있도록 지원하고 있음

다. 영국의 East London Line

- (1) 2012년 하계 올림픽을 위한 철도 네트워크 확장사업으로 기존 철도인 East London Line과 연결되는 남북 간 노선 확장 프로젝트에 BIM기술을 적용하였음
- (2) URS Scott Wilson사는 합작사에게 정거장 4개, Warren 트러스 교량 2개, 아치 고량, 고가교 3개에 대한 상세설계 BIM 모델을 제공하였으며, 협업 솔루션을 통해 실시간으로 정보를 주고받아 15개 사무소에 분산되어 있는 300명 이상의 전문가가 엔지니어링 정보를 탐색하고 검증하는 일들을 빠르게 진행하였음
- (3) 팀간 의사소통과 정보공유를 촉진하는 목적으로 활용하여, 기존 수준의 작업시간에 비해 25%이상 작업시간을 절감하였음

라. 영국의 Crossrail 프로젝트

- (1) BIM을 기반으로 가상건설 협업체계를 구축하여, 복잡하고 상세한 검토와 시공성 개선을 통해 시공 오류를 감소하는 효과를 거두었음
- (2) 전 생애주기 단계에서 정보의 손실을 막고 BIM기반 자산 정보가 운영과 유지관리 단계에서 활용되는 성과를 얻었음

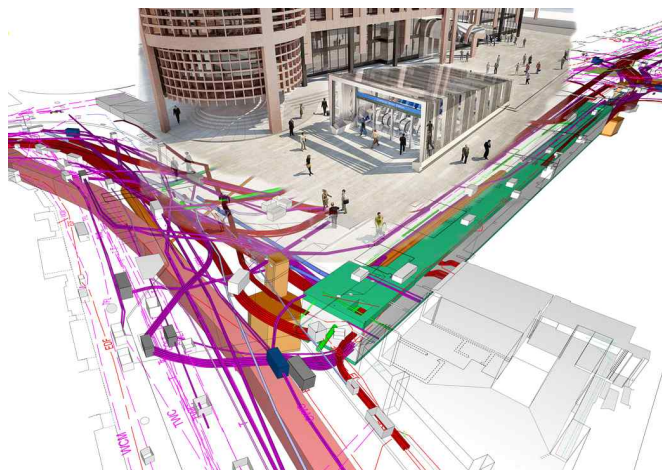


그림 2 Building Information Modelling - Crossrail

2. 주요국가별 철도시설 공사비 산정 방식

가. 영국 The BCIS Standard Form of Cost Analysis(RICS, 2003)

- (1) 영국의 실적 공사비 제도

(가) 영국의 계약 제도는 국내의 공공 공사와 유사한 수량조사(Bills of Quantities)에 의한 총액단가 계약 제도를 기반으로 하고 있기 때문에 국내 에서 도입한 실적공사비제도의 근간이 되는 국가로 인식 되어옴

(나) 최근 토목 공사에 대한 부위별 공사비 견적, 관리 개념 및 전산 시스템이 적용되기 시작함. 사업비 관리 측면에서의 이러한 토목 분야의 특징과 비교적 느린 발전은 토목 분야가 많은 비중을 차지하고 있는 국내의 공공 부문의 실적 공사비 제도와 관련하여 많은 시사점을 제공

(2) 실적데이터의 활용 개념

(가) 영국의 경우 입찰 전 예산을 산정하는데 있어 부위별 공사비 계(Elemental Cost Planning)을 근거로 하는 설계 단계에서의 공사비 관리 기법을 활용. 이러한 공사비 관리 기법은 특히 건축공사에서 RICS에 의해 계속적으로 정립. 이와 같은 방법에서는 부위별 실적 데이터의 구축 및 활용이 뒷받침 됨

(나) 과거 실적 데이터로부터의 비례에 따른 물량 또는 비용을 산정 하는 방법, 도면에 기초하여 개략 물량을 산정하는 방법, 시장 조사 등을 통해 예산을 책정함. 실적 데이터의 활용이 근거용이 아닌 참고용으로써 최초 예산을 산정하는데 활용 된다는 것이 국내와 가장 큰 차이점이라 할 수 있음.

(3) 설계 단계의 예산 산정 및 관리 절차

(가) 영국에서는 특히 일련의 목표 공사비(Cost Limit)를 책정하는 과정을 통해 공사비에 대한 계획(Cost Plan)을 마련하여 설계 단계 공사비 관리의 기준으로 삼음

(나) 영국의 프로젝트 기획 및 설계 단계 동안의 사업비 산정 및 관리 절차

① Inception : 발주자의 개략적인 요구사항을 결정, 설계자(A/E)를 지명하는 단계.

Feasibility : 발주자의 요구사항을 설계팀에서 기능적, 기술적, 재정적인 측면에서 상세히 정리 하는 단계

② Outline Proposals : 프로젝트의 타당성 검토 후, 설계의 개념 설정, 각종 설계대안 및 시공법에 대한 고려, 각 설계 대안들에 대한 비용도 함께 검토되는 단계

③ Scheme Design : 설계, 계획, 시공 그리고 시방서 등과 관련된 주요 사항들을 검토, 시설물 주요 부위별 사항들을 결정하는 단계

④ Detailed Design : 모든 시설 요소들에 대한 상세 설계가 완료되는 단계, 시공법, 자재 등과 같은 공사비에 관련된 검토는 계속됨

⑤ Production Information : 모든 설계서와 일정이 완료됨, 설계가 당초 공사비 계획과 일치 되도록 계속적으로 관리함

⑥ Bills of Quantities : 입찰을 위한 모든 정보가 완료되는 단계, 물량 내역서와 입찰 관련 서류가 완성됨

(다) 영국의 공사비 산정 및 관리 방식을 한마디로 요약해 보면, 설정된 목표 공사비(Cost Limit) 및 세부 내역(Cost Target)의 지속적인 검토와 교정의 과정이라 할 수 있음

(라) 국내의 사업비 산정 방식과의 또 하나의 큰 차이점은 영국에서는 해당 전문가의 역할을 강조하는 반면 우리나라는 표준품셈, 실적 공사비 등 근거자료에 크게 의존 한다는 점을 들 수 있음

나. 미국

(1) RSMEANS 개요

(가) 미국 공공공사에서 발주하는 기관에 따라 공사비 산정기준이 상이

(나) 민간공사에서는 북미지역 제일의 컨설팅회사인 RSMEANS의 Cost Data가 공사비 산정의 기준으

로 주로 활용됨

- (다) RS MEANS Cost Estimate의 경우 총 85,000개의 단가비용을 보유 및 적용
- (라) 그 중 건축전기공종 25,000개, 유지관리 및 보수공종 42,000개 공사단가 운용

(2) RSMEANS 전기공사원가 구성

- (가) 매년 부문별 Cost Data 책자를 발행하고 있으며, Electrical Cost Data도 포함
- (나) RSMEANS Electrical Cost Datas : Unit Price Section(단위 공사비 부분), Assemblies Section(조합 공사 부분), Reference Section(참조 부분)

(3) Electrical Cost Data 관리

- (가) RSMEANS는 매년 북미지역의 930개 장소를 대상으로 공사비산출 기초자료인 자재비(Mat), 노무비(Labor), 투입노무자 수(Crew)와 1일 작업량(Daily Output) 등을 조사
- (나) 조사한 자료를 토대로 노무시간(Labor Hours)과 단위 순공사비(Bare Cost)를 산출하고 거기에 경비와 이윤을 더한 합계금액(Total Inc.O&P)을 공표
- (다) 공표되는 자재비, 노무비 및 단위공사비는 매년 변동되며, 공사현장 여건의 변화로 투입노무자 수와 1일 작업량도 변경됨
- (라) Cost Data 특징 : 매년 변동이 많은 원가와 변동이 없는 요소들이 하나의 표 안에 공중
변동이 많은 원가(자재비, 노무비 및 단위공사비 등)
변동이 없는 요소(노무자 수, 1일 작업량 및 노무시간 등)

다. 일본

(1) 표준보과 제도

- (가) 공사실태조사에 의해 결정된 시공 단위별 필요 노무, 자재, 기계의 수량
- (나) 보과는 당초에는 단위 공사에 소요되는 노무량만을 의미하였으나 현재는 자재량과 기계수량도 포함하는 것으로 해석
- (다) 보과 대신 인공이라는 말도 사용하고 있으며 우리나라에서는 품셈 또는 공량이라고도 표현
- (라) 표준보과는 직접공사비 산정을 위한 산출기준

(2) 보과 산출공식 - 보과(인공, 노무량) = 투입된 작업자 수(명) × 1인단 작업시간(분) ÷ 480분

- (가) 단위작업에 투입된 작업자(노무자) 수에 1인의 작업시간(노무시간)을 곱하여 8시간(480분)으로 나눈 값
- (나) 우리나라의 표준품셈 공량산출 방식과 일치
- (다) 표준보과에 노무단가, 자재단가, 기계경비를 곱하여 직접공사비 산출

(3) 표준보과 관리현황

- (가) 국토교통성 담당 부서는 현행 표준보과와 실제 시공에 투입되는 노무량, 자재량, 장비사용량 등의 차이 유무를 검증
- (나) 1단계 : 시공형태 동향조사
 - 표준보과 사용빈도 및 시공형태의 변화 파악
- (다) 2단계 : 시공합리화 조사
 - 시공 중인 공사에 대하여 투입 노무량, 사용 장비의 종류 및 가동실태, 자재 사용실태 등 조사 (1공종 당 30개 장소)

(라) 재개정 된 표준보과는 공사현장에서 2년 동안 활용

항목	한국	일본	미국	영국
정부 관련법규	- 국가를 당사자로 하는 계약에 관한 법률 시행 규칙	- 예산결정 및 회계법 계약 사무취급규칙	- 미연방 조달청 계약조건 - 주정부 계약조건 - 기타 발주처별계약조건	- 공공건축, 토목사업 계약약관 - 영국 토목학회 계약약관
공무원가 계산기준	- 예정가격 작성기준	- 공공건축공사 표준 단가 적산기준 - 공공토목공사 표준 단가 적산기준	- 발주처별 기준	- RICS 및 토목학회 제정기준
공무원가 관련명칭	- 표준품셈	- 표준보과	- 전문기관별 공무원가 데이터	- 전문기관별 수량산출기준

제7장. 연구개발성과의 보안등급

제8장. 국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

구입 기관	연구시설/연구장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입 가격 (천원)	구입처 (전화번호)	비고 (설치 장소)	NTIS장비 등록 번호

제9장. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전 조치 이행 실적

해당없음

제10장. 연구개발과제의 대표적 연구 실적

번호	구분 (논문/특허/기타)	논문명/특허명/기타	소속 기관명	역할	논문 게재지/특허 등록 국가	영향력 지수	논문 게재일/특허 등록일	사사 여부 (단독 사사 또는 중복 사사)	특기 사항 (SCI 여부/인용 횟수 등)
1	논문	4D CAD시스템의 기능분석 및 선형시설물 적용을 위한 기능 개선 방안	경상대학교	주저자	한국산학기술학회논문지 /대한민국	-	2018.09 (게재승인)	단독사사	KCI

2	논문	Improvement of Realism of 4D Objects Using Augmented Reality Objects and Actual Images of a Construction Site	경상대학교	주저자	KSCE JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING /대한민국	0.94	2018.08.01	단독사사	SCI
3	논문	수평작업공간을 갖는 건설프로젝트의 위치정보 연동에 의한 선형공정표 적용방안	경상대학교	주저자	대한토목학회 논문집 /대한민국	-	2018.08.01	단독사사	KCI
4	논문	AR-based 4D CAD system using marker and marker less recognition method	경상대학교	주저자	Elsevier /미국	-	2017.08.01	단독사사	Scopus
5	국내 학술 발표 논문	토공 및 터널시설물의 수평거리단위 공정 표현기법	경상대학교	주저자	한국철도학회 추계학술대회 /대한민국	-	2018.10.18	단독사사	
6	국내 학술 발표 논문	BIM 기반 철도인프라 공정 및 협업관리 운용체계 구축방안	경상대학교	주저자	한국철도학회 추계학술대회 /대한민국	-	2018.10.18	단독사사	
7	국외 학술 발표 논문	Application of 4D CAD System for Infrastructure Projects with Construction Schedules and Distance Coordinates	경상대학교	주저자	Creative Construction Conference 2018 /헝가리	-	2018.07.01	단독사사	-
8	국내 학술 발표 논문	능동형 BIM기반의 철도인프라 공정관리 모듈	경상대학교	주저자	한국BIM학회 춘계학술대회 /대한민국	-	2018.05.25	단독사사	-
9	국외 학술 발표 논문	BIM-based Schedule Management System for Railway Construction Project	경상대학교	주저자	CODE2018 (4th International Conference on Computational Design in Engineering) /대한민국	-	2018.04.02	단독사사	-

10	국내 학술 발표 논문	선형 공사시설물의 BIM기반 공정관리시스템 구성 방안	경상대학교	주저자	한국산학기술학회 추계학술대회 /대한민국	-	2017.12.01	단독사사	-
11	국내 학술 발표 논문	BIM기반 상용 공정관리시스템의 최신 기능 비교 분석연구	경상대학교	주저자	한국건설관리학회 정기학술대회 /대한민국	-	2017.11.17	단독사사	-
12	국내 학술 발표 논문	철도시설공사 공정진도관리의 BIM객체 활용방안	경상대학교	주저자	대한토목학회 학술대회 /대한민국	-	2017.10.20	단독사사	-
13	국내 학술 발표 논문	수평축 선형 시뮬레이션기법에 의한 철도시설물 공정관리 방법론	경상대학교	주저자	한국철도학회 추계학술대회 /대한민국	-	2017.10.20	단독사사	-
14	특허 출원	공사 일정정보와 위치정보가 연동되는 선형시설물의 4D CAD 시스템	(주)지오엔티	출원인	특허청/ 대한민국	-	2017.11.20. (특허 출원일)	-	-
15	S/W 등록	프레임워크의 선별적 기능 활용 프로그램	(주)지오엔티	저작자	한국저작권위원회/ 대한민국	-	2017.11.07. (저작권 등록일)	-	-
16	S/W 등록	3D객체와 간트공정표 연계 프로그램	(주)지오엔티	저작자	한국저작권위원회/ 대한민국	-	2017.11.07. (저작권 등록일)	-	-
17	S/W 등록	시공대안 선정을 위한 의사결정 기능 구성	두올테크	저작자	한국저작권위원회	-	2018.09.13	-	-
18	S/W 등록	현안이슈(설계 및 일정, 공정변경)에 대한 변경이력관리 및 현황 비교 모듈	두올테크	저작자	한국저작권위원회	-	2018.09.13	-	-
19	국외 학술 발표 논문	Case study on the applicability of BIM process for railway construction	지에스건설	주저자	CODE2018 (4th International Conference on Computational Design in Engineering)/ 한국 창원	-	2018.04	-	-
20	국내 학술 발표 논문	건설사의 BIM기반 인프라 프로젝트 수행	지에스건설	주저자	한국건설관리학회/대한민국	-	2018.11	-	-
21	논문	Development of A BIM-Based	서울시립대학	교신저자	Sustainability	2.08	2018.07.16	중복 사사	SCI

		Maintenance Decision-Making Framework for the Optimization between Energy Efficiency and Investment Costs	교						
22	특허 등록	3D 모델링 구현을 위한 단말기, 서버, 이들을 포함하는 시스템 및 이를 이용하는 3D 모델링 방법	서울시립대학교	발명자	한국	-	2018.07.02	단독 사사	-
23	특허 출원	빌딩 정보 모델링 기반 궤도공사의 공사기간을 산정하기 위한 장치, 이를 위한 방법 및 이 방법을 수행하는 프로그램이 기록된 컴퓨터 판독 가능한 기록매체	서울시립대학교	발명자	한국	-	2018.07.06	단독 사사	-
24	기타	드론영상 정보의 BIM(비아이엠) 모델과의 시공현황 비교를 통한 공정관리	(주)동성엔지니어링	저작자			2018.09.04 (등록연월일)	단독 저작자	
25	논문	설계변경에 따른 철도교량의 개략공사비 추정 모델 개발	(주)평화엔지니어링	주저자	대한토목학회	-	심사중	단독 사사	비SCI

제11장. 기타 사항

1. 최종 차년도 연구개발비 집행 실적

[3세부 총괄]

항목	비목		금액		계획 금액	사용액	잔액	비고
직접비	인건비	내부 인건비	미지급		(66,258)	-	-	
			지급	현금	439,140	442,191	-3,051	
		현물		223,500	223,500	0		
		외부 인건비	미지급		-	-	-	
	지급		현금	12,000	3,400	8,600		
			현물	-	-	-		
		학생인건비	현금		108,400	113,400	-5,000	
		소계			783,040	782,491	549	
	연구장비	현금		164,800	157,290	7,510		

	재료비	현물	64,000	64,000	0	
	연구활동비		57,934	57,746	188	
	연구과제 추진비		48,782	43,697	5,085	
	연구수당		33,713	0	33,713	
	위탁연구개발비		57,000	57,000	0	
	소계		426,229	379,733	46,496	
간접비	인력지원비		-	-	-	
	연구지원비		72,091	72,089	2	
	성과활용지원비		5,130	5,130	0	
	소계		77,221	77,219	2	
연구개발비 총액			1,286,490	1,239,443	47,047	

[3세부 - 협동 - 경상대학교]

항목	비목		금액		계획 금액	사용액	잔액	비고
			계	목				
직접비	인건비	내부	미지급		(27,720)	-	-	
			지급	현금	-	-	-	
				현물	-	-	-	
	외부	인건비	미지급		-	-	-	
			지급	현금	12,000	3,400	8,600	
				현물	-	-	-	
	학생인건비		현금		87,160	92,160	-5,000	
소계				99,160	95,560	3,600		
간접비	연구장비·재료비	현금		-	-	-		
		현물		-	-	-		
	연구활동비				18,469	16,103	2,366	
	연구과제 추진비				12,537	12,427	110	
	연구수당				18,000	0	18,000	
	위탁연구개발비				57,000	57,000	0	
	소계				106,006	85,530	20,476	
간접비	인력지원비				-	-	-	
	연구지원비				40,834	40,834	0	
	성과활용지원비				-	-	-	
	소계				40,834	40,834	0	
연구개발비 총액					246,000	221,924	24,076	

[3세부 - 공동 - ㈜지오엔티]

항목	비목			금액	계획 금액	사용액	잔액	비고
직접비	인건비	내부	미지급		-	-	-	
			지급	현금	164,000	164,000	0	
				현물	75,000	75,000	0	
	외부	인건비	미지급		-	-	-	
			지급	현금	-	-	-	
				현물	-	-	-	
	학생인건비		현금		-	-	-	
소계					239,000	239,000	0	
간접비	연구장비·재료비		현금		-	-	-	
			현물		-	-	-	
	연구활동비				2,400	2,395	5	
	연구과제추진비				11,435	11,428	7	
	연구수당				3,000	0	3,000	
	위탁연구개발비				-	-	-	
	소계					16,835	13,823	3,012
간접비	인력지원비				-	-	-	
	연구지원비				17,500	17,498	2	
	성과활용지원비				-	-	-	
	소계					17,500	17,498	2
연구개발비 총액					273,335	270,321	3,014	

[3세부 - 공동 - 두올테크]

항목	비목			금액	계획 금액	사용액	잔액	비고
직접비	인건비	내부	미지급		-	-	-	
			지급	현금	186,340	186,340	0	
				현물	110,000	110,000	0	
	외부	인건비	미지급		-	-	-	
			지급	현금	-	-	-	
				현물	-	-	-	
	학생인건비		현금		-	-	-	
소계					296,340	296,340	0	
간접비	연구장비·재료비		현금		90,000	90,000	0	
			현물		-	-	-	
	연구활동비				2,265	5,765	-3,500	
	연구과제추진비				10,620	7,120	3,500	
	연구수당				-	-	-	
	위탁연구개발비				-	-	-	
	소계					102,885	102,885	0
간접비	인력지원비				-	-	-	
	연구지원비				-	-	-	
	성과활용지원비				-	-	-	
	소계					-	-	-
연구개발비 총액					399,225	399,225	0	

[3세부 - 공동 - GS건설(주)]

항목	비목		금액		계획 금액	사용액	잔액	비고	
			지급	미지급					
직접비	인건비	내부	지급	미지급	-	-	-		
			현금	현금	-	-	-		
		현물	현물	38,500	38,500	0			
	외부	인건비	지급	미지급	-	-	-		
			현금	현금	-	-	-		
		현물	현물	-	-	-			
	학생인건비		현금		-	-	-		
소계					38,500	38,500	0		
간접비	연구장비·재료비		현금		65,800	58,290	7,510		
			현물		38,500	38,500	0		
	연구활동비					16,800	21,909	-5,109	
	연구과제추진비					5,990	4,830	1,160	
	연구수당					-	-	-	
	위탁연구개발비					-	-	-	
	소계					127,090	123,529	3,561	
	연구개발비 총액					165,590	162,029	3,561	
간접비			인력지원비		-	-	-		
			연구지원비		-	-	-		
			성과활용지원비		-	-	-		
			소계		-	-	-		

[3세부 - 공동 - 서울시립대]

항목	비목		금액		계획 금액	사용액	잔액	비고	
			지급	미지급					
직접비	인건비	내부	지급	미지급	(38,538)	(38,538)			
			현금	현금	34,800	37,851	-3,051		
		현물	현물	-	-	-			
	외부	인건비	지급	미지급	-	-	-		
			현금	현금	-	-	-		
		현물	현물	-	-	-			
	학생인건비		현금		21,240	21,240	0		
소계					56,040	59,091	-3,051		
간접비	연구장비·재료비		현금		-	-	-		
			현물		-	-	-		
	연구활동비					17,000	11,050	5,950	
	연구과제추진비					6,500	7,050	-550	
	연구수당					10,573	0	10,573	
	위탁연구개발비					-	-	-	
	소계					34,073	18,100	15,973	
간접비			인력지원비		-	-	-		
			연구지원비		13,757	13,757	0		
			성과활용지원비		5,130	5,130	0		
			소계		18,887	18,887	0		
연구개발비 총액					109,000	96,078	12,922		

[3세부 - 공동 - 동성엔지니어링]

항목	비목		금액		계획 금액	사용액	잔액	비고	
			지급	잔액					
직접비	인건비	내부	지급	미지급	-	-	-		
				현금	54,000	54,000	0		
		현물	-	-	-				
	외부	지급	미지급	-	-	-			
			현금	-	-	-			
		현물	-	-	-				
	학생인건비	현금	-	-	-				
소계					54,000	54,000	0		
간접비	연구장비·재료비	현금	9,000	9,000	0				
		현물	25,500	25,500	0				
	연구활동비					1,000	524	476	
	연구과제추진비					1,700	842	858	
	연구수당					2,140	0	2,140	
	위탁연구개발비					-	-	-	
	소계					39,340	35,865	3,475	
간접비	인력지원비					-	-	-	
	연구지원비					-	-	-	
	성과활용지원비					-	-	-	
	소계					-	-	-	
연구개발비 총액					93,340	89,865	3,475		

[3세부 - 공동 - 평화엔지니어링]

항목	비목		금액		계획 금액	사용액	잔액	비고	
			지급	잔액					
직접비	인건비	내부	지급	미지급	-	-	-		
				현금	37,240	36,977	263		
		현물	-	-	-				
	외부	지급	미지급	-	-	-			
			현금	-	-	-			
		현물	-	-	-				
	학생인건비	현금	-	-	-				
소계					37,240	36,977	263		
간접비	연구장비·재료비	현금	-	-	-				
		현물	-	-	-				
	연구활동비					10,630	7,280	3,350	
	연구과제추진비					5,630	1,087	4,543	
	연구수당					3,500	3,500	0	
	위탁연구개발비					-	-	-	
	소계					19,760	11,867	7,893	
간접비	인력지원비					-	-	-	
	연구지원비					-	-	-	
	성과활용지원비					-	-	-	
	소계					-	-	-	
연구개발비 총액					57,000	48,844	8,156		

2. 최종차년도 참여연구원 (수정사항 반영 후 청색 표기)

번호	소속 기관명	직위	생년 월일	전공 및 학위		연구 담당 분야	신규 채용 여부	국가연구개발사업 참여율 (%) [B]	국가연구개발사업 참여 과제 수 (건)
	성명	과학기술인 등록번호	성별	취득 연도	학위 (전공)	과제 참여 기간	이 과제 참여율 (%) [A]	전체 참여율 [A+B, %]	
1	경상대학교	교수	601202	1990	박사 (토목시공)	책임	-	30	2
	강인석	1007 0093	남			18.01-18.12	30	60	
2	경상대학교	연구원	920527	2017	석사 (토목시공)	연구개발	-	-	1
	박상미	1149 5090	여			18.01-18.12	88	88	
3	경상대학교	석사	910408	2018	석사 (토목시공)	연구개발	-	-	1
	한선주	1165 2034	남			18.01-18.04	100	100	
4	경상대학교	석사과정	920531	2018	학사	연구개발	-	-	1
	이재희	1179 5220	남			18.01-18.12	67	67	
5	경상대학교	석사과정	940509	2018	학사	연구개발	-	-	1
	안현주	1179 5217	여			18.01-18.12	67	67	
6	(주)지오엔 티	대표이사	570316	1985	석사 (토목공학)	공동책임	-	-	1
	지상복	1084 3650	남			18.01-18.12	50	50	
7	(주)지오엔 티	상무	681015	1994	학사 (전산)	연구개발	-	-	1
	최종만	1165 3479	남			18.01-18.12	50	50	
8	(주)지오엔 티	이사	631120	1990	학사 (경영)	연구개발	-	-	1
	하성준	1165 3481	남			18.01-18.12	75.5	75.5	
9	(주)지오엔 티	이사	730816	2000	학사 (중국어)	연구개발	-	-	1
	백상민	1083 3885	남			18.01-18.12	51	51	
10	(주)지오엔 티	차장	751220	1999	학사 (전자)	연구개발	-	-	1
	유병희	1136 7545	남			18.01-18.12	51	51	
11	(주)지오엔 티	차장	751204	1999	학사 (건축)	연구개발	-	-	1
	장창욱	1083 2713	남			18.01-18.12	50	50	
12	(주)지오엔 티	과장	810311	2009	학사 (멀티미디어)	연구개발	-	-	1
	이중희	1136 7636	남			18.01-18.08	50	50	
13	(주)지오엔 티	대리	820228	2001	고졸 (토목)	연구개발	-	-	1
	김승준	1136 7637	남			18.01-18.12	50	50	
14	(주)지오엔 티	고문	500921	1971	고졸	연구개발	-	-	1
	임명길	1168 8495	남			18.01-18.12	47.7	47.7	
15	(주)지오엔 티	대리	810316	2016	박사 (토목공학)	연구개발	-	-	1
	김현승	1085 5756	남			18.01-18.06	54	54	

16	(주)지오엔티	과장	791109	2000	학사 (교육)	연구개발	-	-	1
	김은진	1188 8266	여			18.08~18.12	36	36	
17	(주)두올테크	상무	671123	2004	박사 (건설경영)	과제총괄	-	75	3
	김진만	1013 0800	남			18.01~18.12	25	100	
18	(주)두올테크	부장	700114	1995	학사 (건축)	연구개발	-	50	2
	최준혁	1139 1293	남			18.01~18.12	50	85	
19	(주)두올테크	차장	770717	2001	학사 (컴퓨터응용)	연구개발	-	58	1
	김정봉	1139 3145	남			18.01~18.12	40	98	
20	(주)두올테크	과장	810831	2007	학사	연구개발	-	60	1
	조규현	1088 9701	남			18.01~18.12	40	100	
21	(주)두올테크	과장	821211	2008	전문학사 (멀티미디어)	연구개발	-	30	1
	고재신	1093 7864	남			18.01~18.12	50	80	
22	(주)두올테크	차장	830715	2008	석사 (건축)	연구개발	-	30	1
	김남호	1087 7738	남			18.01~18.12	50	80	
23	(주)두올테크	과장	850103	2010	학사(컴퓨터공학)	연구개발	-	30	1
	김형근	1122 4112	남			18.01~18.12	50	80	
24	(주)두올테크	과장	850226	2010	학사(컴퓨터멀티)	연구개발	-	30	1
	선형중	1122 4109	남			18.01~18.12	50	80	
25	(주)두올테크	과장	780627	2005	학사 (기계과)	연구개발	-	0	0
	장현석	1165 30777	남			18.01~18.06	50	50	
26	(주)두올테크	과장	791029	1999	고졸	연구개발	-	40	1
	안두영	1165 3036	남			18.07~18.12	50	90	
27	(주)두올테크	과장	820328	2008	학사 (정보기술)	연구개발	-	40	2
	김병구	1178 9167	남			18.01~18.04	60	100	
28	(주)두올테크	차장	780127	2002	학사 (기계과)	연구개발	-	0	0
	박상길	1168 5473	남			18.05~18.12	60	60	
29	(주)두올테크	사원	860729	2011	전문학사 (유통마케팅)	연구개발	-	50	2
	김태운	1160 3993	남			18.01~18.12	50	100	
30	(주)두올테크	주임	930216	2015	학사 (컴퓨터학과)	연구개발	-	50	1
	이세정	1165 8563	여			18.01~18.12	50	100	
31	(주)두올테크	주임	921207	2016	학사 (컴퓨터학과)	연구개발	-	0	0
	권은비	1165 8579	여			18.01~18.08	50	50	
32	(주)두올테크	주임	900823	2016	석사 (건축설계학)	연구개발	-	30	1
	박준영	1163 1298	남			18.09~18.12	50	80	

33	(주)두올테크	대리	850804	2008	학사 (멀티미디어)	연구개발	-	60	1
	이유림	1094 3081	여			18.01~18.12	40	100	
34	(주)두올테크	주임	851224	2014	학사 (건축)	연구개발	-	50	1
	이해찬	1147 7682	남			18.01~18.12	50	100	
35	(주)두올테크	대리	880108	2010	학사 (건축)	연구개발	-	40	1
	조형준	1150 2293	남			18.01~18.07	50	90	
36	(주)두올테크	대리	860106	2008	학사 (컴퓨터공학)	연구개발	-	20	
	조형석	1165 8606	남			18.08~18.12	50	70	
37	(주)두올테크	부장	760412	2003	학사 (건축)	연구개발	-	0	0
	장우준	1165 3136	남			18.01~18.04	50	50	
38	(주)두올테크	과장	840205	2013	학사 (건축산업)	연구개발	-	50	
	강유리	1165 8590	여			18.05~18.12	35	85	
39	(주)두올테크	차장	800401	2007	학사 (건축공)	연구개발	-	57	2
	유승욱	1112 7041	남			18.05~18.12	35.3	92.3	
40	GS건설(주)	책임연구원	751025	2007	박사 (토목)	과제 총괄	-	60	3
	조재영	1018 0904	남			18.01~18.12	20	80	
41	GS건설(주)	선임연구원	751024	2009	박사 (토목)	업무정의 및 현장BIM적용	-	0	1
	이재호	1082 8238	남			18.01~18.12	20	20	
42	GS건설(주)	수석연구원	650308	2002	박사 (토목)	현장BIM적용	-	45	5
	박종현	1101 1205	남			18.01~18.12	5	50	
43	GS건설(주)	수석연구원	701210	2006	박사 (토목)	4D/5D BIM	-	0	1
	정연석	1016 2299	남			18.01~18.12	5	5	
44	GS건설(주)	대리	821025	2008	학사 (토목)	현장BIM적용	-	0	1
	김태엽	1094 6471	남			18.01~18.12	10	10	
45	서울시립대	부교수	660826	2002	박사 (건설관리)	연구총괄	-	-	1
	김현주	1151 9479	남			18.01~18.12	30	30	
46	서울시립대	교수	571002	1990	박사 (건설관리)	알고리즘 개발	-	5	1
	현창택	1005 3969	남			18.01~18.12	20	25	
47	피엠피지엠	연구소장	740824	2005	박사 (건축구조 및 시공)	알고리즘 개발	-	50	1
	윤유상	1068 0441	남			18.01~18.12	50	100	
49	서울시립대	연구원	830522	2015	석사 (건축)	모듈별 기능정의 및 개발	-	50	2
	김승권	1144 3309	남			18.01~18.12	20	70	
50	서울시립대	연구원	820712	2018	박사 (건축학)	BIM 기술 개발	-	86.16	1
	조구상	1102 5907	남			18.04~18.12	13.84	100	
51	서울시립대	연구원	930518	2017	석사과정 (건축공학)	BIM 모델링	-	-	-
	쿠홀록	1102 5907	남			18.03~18.08	35	35	
52	서울시립대	연구원	810304	2018	박사과정 (건축공학)	모듈 기술개발	-	84	1
	에합샤햇	1184 5237	남			18.03~18.08	1	85	

53	서울시립대	연구원	921125	2019	석사과정 (건축공학)	알고리즘 개발	-	66.67	1
	김대영	1182 0734	남			18.01-18.12	13.33	85	
54	서울시립대	연구원	890422	2019	석사과정 (건축공학)	BIM 기술개발	-	63.33	1
	고건호	1152 2663	남			18.01-18.12	16.67	85	
55	위탁-(주)평화 엔지니어링	연구위원	690515	2013	박사 (환경)	연구책임	-	70	5
	김상태	1090 0878	남			18.01-18.12	30	100	
56	위탁-(주)평화 엔지니어링	부사장	501114	2013	박사 (환경)	알고리즘 개발	-	100	6
	김흥래	1080 9829	남			18.01-18.12	10	110	
57	위탁-(주)평화 엔지니어링	과장	811203	2008	학사 (토목)	조사/분석	-	-	1
	문천수	1165 1706	남			18.01-18.12	10	10	
58	위탁-(주)평화 엔지니어링	연구원	910827	2014	석사 (토목)	알고리즘 개발	-	50	2
	김다애	1128 7777	여			18.01-18.12	20	70	
59	(주)동성엔지 니어링	수석	630425	2008	박사 (토목)	알고리즘 개발	-	30	3
	신재철	1101 7533	남			18.01-18.12	10	40	
60	(주)동성엔지 니어링	책임	740602	2001	석사 (시스템 및 제어)	소프트웨어 개발	-	0	1
	허인욱	1087 2522	남			18.01-18.12	100	100	
61	(주)동성엔지 니어링	책임	771128	2004	석사 (토목)	알고리즘 개발	-	40	3
	박원태	1102 2365	남			18.01-18.04	15	55	
62	(주)동성엔지 니어링	선임	791013	2002	학사 (컴퓨터공 학)	소프트웨어 개발	-	0	1
	이수선	1164 9541	남			18.01-18.12	10	10	
63	(주)동성엔지 니어링	선임	870308	2012	석사 (토목)	알고리즘 개발	-	40	4
	백유진	1124 7405	여			18.01-18.12	10	50	
64	(주)동성엔지 니어링	선임	781022	2004	석사 (토목)	알고리즘 개발	-	52.5	3
	이승훈	1101 0100	남			18.04~18.12	12.77	65.27	

제12장. 참고 문헌

1. 김대상, 김기환, 황성호, 윤경민(2009), 고품질 철도보강노반에 관한 연구, 한국철도학회 2009 추계학술대회 논문집, pp. 332-338
2. 환경친화적 철도건설지침, 국토교통부고시 제215-622호
3. 연상호, 김학두 (2012), '지방철도건설공사의 효율적인 공정관리 기법에 관한 연구', 2012년도 한국철도학회 춘계학술대회 논문집
4. 쌍용건설 토목기술부(2010), 'BIM을 이용한 공사관리 통합 시스템 개발-호남고속철도 제 4-2공구 노반신설 기타공사 적용'
5. 이송현, 배민혁, 김성훈 (2010a), 'BIM을 이용한 호남 고속철도 제 4-2공구 공사관리 통합 시스템 소개', 건설기술 쌍용 겨울호(56), pp 71~77

-
6. 이송현, 김성훈 (2010b), 'BIM을 이용한 호남 고속철도 제 4-2공구 공사관리 통합시스템 소개 II', 건설기술 쌍용 겨울호(57), pp 40~46
 7. Xiangyu, W. Martijn, T. Lei, H. Ying, W. and Ying, Z. (2014), Integrating Augmented Reality with Building Information Modeling: Onsite construction process controlling for liquefied natural gas industry, *Automation in Construction*, Vol. 40, No. 15, pp.96-105
 8. Kang L. S. et al. (2013), Application of Augmented Reality Object in Construction Project, *Proceedings of WICT 2013*, Hanoi
 9. Agrama, F. A. E.-M. (2011), Linear projects scheduling using spreadsheets features, *Alexandria Engineering Journal*, Vol. 50, No. 2. pp. 179-185
 11. 고희주 (2011), 선형공정관리기법(Linear scheduling method)을 이용한 공기단축 방법에 관한 연구, 학위논문(석사), 홍익대학교
 12. 이규선, 박희성 (2011), 공정관리 적용에 관한 연구: 도로현장 중심으로, 대한토목학회 논문집, *Journal of the Korean Society of Civil Engineers*, KSCE, Vol. 31, No. 3. pp. 451-456
 13. 김우중 (2012), 선형 공정관리 기법의 원전건설 적용 효율성 평가, 학위논문(석사), 명지대학교
 14. Bay, H., Ess, A., Tuytelaars, T., and Gool, L. V. (2008), Speeded-Up Robust Features (SURF), *Comput. Vis. Image Und.*, Vol. 110, Issue 3, pp. 346-359
 15. Moon, H. S., Kim, H. S., Kim, C. H., Kang, L. S. (2014), Development of a schedule-workspace interference management system simultaneously considering the overlap level of parallel schedules and workspaces, *Automation in Construction*, Volume 31, pp 93 - 105
 16. Biruk, S. and Jaskowski, P. (2017), Scheduling linear construction projects with constraints on resource availability, *Archives of Civil Engineering*, Vol. 63, No. 1, pp. 3-15
 17. Liu, L., Liu, Y. and Tang, Y. (2016), Production rate determination for linear construction projects based on linear scheduling method, *International Journal of Smart Home*, Vol. 10, No. 4, pp. 143-152
 18. Tilos, Available at: <https://www.tilos.org> (accessed Dec. 2016)
 19. Kang, L. S., Kim, H. S., Moon, H. S., and Kim, S. K. (2016), Managing construction schedule by telepresence: Integration of site video feed with an active nD CAD simulation, *Automat. Constr.*, Vol. 68, pp. 32-43
 20. Kang, L. S., Kim, S. K., Moon, H. S., and Kim, H. S. (2013), Development of a 4D object-based system for visualizing the risk information of construction projects, *Automat. Constr*, Vol. 31, pp. 186-203
 21. Jiao, Y., Zhang, S., Li, Y., Wang, Y., and Yang, B. M. (2013), Towards cloud Augmented Reality for construction application by BIM and SNS integration, *Automat. Constr*, Vol. 33, pp. 37-47
 22. R. Qatar (2015), Qatar Rail Building Information Modeling Guidelines, Qatar Rail, Qatar
 23. PwC (2108), BIM Level 2 Benefits Measurement, PwC, UK
 24. BCA (2013), Singapore BIM Guide Version 2.0, MND Complex Singapore 069110, Building and Construction Authority
-

-
25. 고성훈, 함남혁, 이주성, 윤수원, 김재준. (2017). 국내·외 BIM 적용 프로젝트의 BIM 적용수준 비교분석. *KIBIM Magazine*, 7, pp. 25-35
 26. 조용현, 이주성, 함남혁, 김재준. (2016). 국내 건설회사 BIM 프로젝트의 사례 분석을 통한 BIM 전략 수립 방안. *KIBIM Magazine*, 6, pp. 1-11
 27. 윤수원, 김성아, 최종문, 금대연, 조찬원. (2015). 건축 설계 BIM 모델의 시공단계 활용성 향상을 위한 BIM 운영 방안 제시. *KIBIM Magazine*, 5, pp. 1-10
 28. 신우진. (2017). 시공책임형 CM BIM 적용 및 LH 공동주택 BIM 설계 적용 로드맵. 한국 BIM 학회 학술대회 논문집, pp. 1-2
 29. 김형진, 유무영, 김재준, 최창식. (2017). 사례분석을 활용한 시공단계 BIM 인력 투입 성과 분석. *KIBIM Magazine*, 7, pp. 31-39
 30. 이해찬, 김진만, 최철호, 송상훈. (2017). BIM 기반 건적 산출을 위한 공종별 BIM 데이터 구축 및 연계 방안. *KIBIM Magazine*, 7, pp. 11-20
 31. 김영환, 김현승, 강인석. (2015). BIM 기능요소 분류체계 도출에 의한 철도시설공사 BIM 기능발주 구성 방안. 한국철도학회 논문집, 18(4), pp. 344-353
 32. 김운옥, 문정호, 김진영. (2017). BIM 데이터를 활용한 도로설계의 가상현실 구현. 한국 BIM 학회 학술대회 논문집, pp. 1-2
 33. 차유나, 김성아, 진상윤. (2014). BIM 기반의 공간객체를 이용한 물량산출 정확성 분석. *KIBIM Magazine*, 4, pp. 13-23
 34. 강종만, 길홍배, 서민희. (2017). 한국도로공사 Ex-BIM 건설공사 적용사례 및 향후 적용 계획. 한국 BIM 학회 학술대회 논문집, pp. 1-4
 35. Nour, M. (2009). Performance of different (BIM/IFC) exchange formats within private collaborative workspace for collaborative work. *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, 14(48), pp. 736-752
 36. Kim, H., Shen, Z., Kim, I., Kim, K., Stumpf, A., & Yu, J. (2016). BIM IFC information mapping to building energy analysis (BEA) model with manually extended material information. *Automation in Construction*, 68, pp. 183-193
 37. Bazjanac, V. (2008). IFC BIM-based methodology for semi-automated building energy performance simulation
 38. Kiviniemi, A., Karlshøj, J., Tarandi, V., Bell, H., & Karud, O. J. (2008). Review of the development and implementation of IFC compatible BIM
 39. Choi, J., & Kim, I. (2008). An approach to share architectural drawing information and document information for automated code checking system. *Tsinghua science and technology*, 13(S1), pp. 171-178
 40. Irizarry, J., Karan, E. P., & Jalaei, F. (2013). Integrating BIM and GIS to improve the visual monitoring of construction supply chain management. *Automation in Construction*, 31, 241-254
 41. Martins, J. P., & Monteiro, A. (2013). LicA: A BIM based automated code-checking application for water distribution systems. *Automation in Construction*, 29, pp. 12-23
 42. Jianping, Z., Ding, L., Jiarui, L., & Gangwen, Y. (2012). Application of BIM in engineering construction [J]. *Construction Technology*, 16(7), pp. 4
 43. Zhuqing, L. (2011). Application Analysis of BIM in Railway Construction Projects [J]. *Railway Standard Design*, 10, pp. 4-7
 44. Lee, S. H., Park, S. I., Park, J., & Seo, K. W. (2014). Open BIM-based information
-

-
- modeling of railway bridges and its application concept. In Computing in Civil and Building Engineering, pp. 504-511
45. Gao, G., Liu, Y. S., Wu, J. X., Gu, M., Yang, X. K., & Li, H. L. (2016). IFC Railway: A Semantic and Geometric Modeling Approach for Railways based on IFC. In Proc. in International Conference on Computing in Civil and Building Engineering (ICCCBE), July 6 - 8, Osaka, Japan, pp. 1188-1195
46. Jia, W., Yuan, R., & Xiaoping, Z. (2013). Discussion on Application of IFC-based BIM Technology in Fire Control of Large-scale Public Buildings [J]. Journal of Information Technology in Civil Engineering and Architecture, 1, 010
47. Amann, J., Borrmann, A., Center, L. O., & Gladbach, B. (2015). Creating a 3D-BIM-compliant road design based on IFC alignment originating from an OKSTRA-accordant 2D road design using the TUM Open Infra Platform and the OKSTRA class library. Technical University of Munich, Germany
48. 한국철도시설공단 (2013), 철도통계연보
49. 한국철도시설공단 (2014), 현장설계변경 백서
50. 한국철도시설공단 (2015) 현장설계변경 백서
51. 이종식, 전재열 (2010), 적정 설계변경안 산정을 위한 의사결정 지원 프로세스, 한국건설 관리학회 논문집 제11권 제2호, pp. 74-82
52. 한국철도시설공단 (2004), 철도설계기준(노반편)
53. 한국철도시설공단 (2013), 철도설계기준(노반편)
54. 국토교통부 (2014), BIM 기술동향 조사 및 도로분야 도입방안 연구
55. 국토해양부 (2013), 철도인프라 생애주기 관리를 위한 차세대 표준기술 및 운영체계 개발 기획 연구보고서
56. 김창윤, 문현석, 나혜숙, 김진욱 (2014), 토목분야 BIM 적용 사례 분석을 통한 발주자 관점에서의 BIM 발전 전략, 한국산학기술학회논문지 제15권 제12호, pp. 7430-7437
57. 국토해양부 (2011), 도로구조물(교량, 터널) 공사비산정모델 및 기준개발
58. Steven M. Trost, Garold D. Oberlender. (2003), Predicting Accuracy of Early Cost Estimates using Factor Analysis and Multivariate Regression, J. Constr. Engrg. and Mgmt., ASCE, Vol. 129, No 2, pp. 198-204
59. Mohamed Attalla, Tarek Hegazy (2003), Predicting Cost Deviation in Reconstruction Projects : Artificial Neural Networks versus Regression, J. Constr. Engrg. and Mgmt., ASCE, Vol. 129, No. 4, pp. 405-411
60. G.H.Kim, D. S. Seo, and K.I. Kang. (2005), Hybrid Models of Neural Networks and Genetic Algorithms for Predicting Preliminary Cost Estimates, J. Comp. in Civ. Engrg., ASCE, Vol. 19, No. 2, pp. 208-211
61. CalTrans. (2004), Contract Cost Data. Department of Transportation. Sacramento, CA
-

9. 뒷면지

주 의

1. 이 최종보고서는 국토교통부에서 시행한 철도기술연구사업의 연구보고서입니다.
2. 이 최종보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 사업의 연구개발성과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.